



Työterveyslaitos

Tietoa työstä

Teolliset tilat muutoksessa

TEOLLISUUSTILOJEN KÄYTETTÄVYYS
NYT JA TULEVAISUUDESSA

Tarja Mäkelä (toim.)



Työterveyslaitos

Teolliset tilat muutoksessa

TEOLLISUUSTILOJEN KÄYTETTÄVYYS NYT JA TULEVAISUUDESSA

Tarja Mäkelä (toim.)

Työterveyslaitos

Helsinki 2012

Työterveyslaitos

Työturvallisuuden kehittäminen -tiimi

Topeliuksenkatu 41 a A

00250 Helsinki

www.ttl.fi

Toimitus: Tarja Mäkelä, Työterveyslaitos

Valokuvat: Leena Aalto, Aalto-yliopisto

Piirroksat: Tarja Mäkelä Työterveyslaitos, Leena Aalto ja Suvi Nenonen Aalto-yliopisto, Kaj Helin VTT ja R-taso Oy

Kansi: Mainostoimisto Albert Hall Finland Oy Ltd

© 2012 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Julkaisu on toteutettu Tekesin tuella.

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehdyne muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-261-207-6 (pdf)

ALKUSANAT

Teollisuustilojen suunnittelussa käytettävyydellä on usein sivurooli, jota harvoin osataan riittävästi hyödyntää. Kun suunnittelussa otetaan kokonaisvaltaisesti tavoitteeksi käytettävyys, on tuloksena tuottavampia, turvallisempia ja terveellisempiä teollisuustiloja. Olennaista on tiedostaa käytettävyyden mahdollisuudet jo suunnittelun alkuvaiheessa.

Tämä opas sisältää tietoa keskeisistä käytettävyystekijöistä, jotka kannattaa ottaa huomioon teollisten tilojen suunnittelussa. Oppaan sisältö tarjoaa kokonaiskuvan teollisuustilojen käytettävyyssuunnittelusta, tavoitteista ja menetelmistä.

Opas on suunnattu erityisesti yritysjohdon, yritysten asiantuntijoiden, rakennus- ja kiinteistöalan suunnittelijoiden, asiantuntijoiden ja konsulttien käyttöön.

Opas on laadittu osana Tekesin rahoittamaa Tulevaisuuden tehtaiden tilaratkaisut - eli InduSpace-hanketta. Pää tavoitteena hankkeessa oli luoda käyttölähtöisellä suunnittelulla tulevaisuuden tilakonsepti, jolla on merkittävä vaikutus tuottavuuteen, käytettävyyteen ja työhyvinvointiin teollisuudessa nyt ja tulevaisuudessa. Opas johdattaa käyttäjänsä käytettävyydenäkökulmaan ja teollisuustilojen suunnitteluun. Suunnitteluprosessia seuraavat tiiviit tietopaketit InduSpace-menetelmistä, teollisuustilojen käytettävyydestä ja visualisoinnista sekä teollisista työympäristöistä ja työolosuhteista. Tulevaisuuden teollisuustila sisältää skenaarioita sekä tietoa kiinteistöjohtamisesta.

Hankkeen tavoitteena oli kehittää käytettävyyttä eri käyttäjäryhmien tarpeiden lähtökohdista sekä fyysisessä, psyykkisessä että sosiaalisessa ympäristössä. Hankkeessa keskeistä oli käsitellä teollisuustilojen käytettävyyttä laajasti eri käyttäjäryhmien lähtökohdista, tunnistaa eri käyttäjäryhmien tarpeita mahdollisimman havainnollisella ja helposti kommunikotavalla tavalla sekä edistää tavoitteiden yhtäaikaista toteutumista yhteistyön ja osallistumisen avulla.

Hanke ja opas on toteutettu kolmen tutkimusorganisaation yhteistyönä. Työterveyslaitokselta tekijöinä ovat olleet Tarja Mäkelä, Raimo Niemelä, Mika Nyberg ja Arto Säämänen, Aalto-yliopistolta Leena Aalto, Suvi Nenonen ja Anna-Liisa Sarasoja sekä VTT:ltä Seppo Enbom, Kaj Helin ja Juhani Viitaniemi. Hankkeen vetäjänä toimivat Raimo Niemelä 2009-2010 ja Tarja Mäkelä 2010-2012.

Hankkeen johtoryhmään kuuluivat Juhani Katko Rautaruukki Oyj (2009-2011), Johanna Kosonen-Karvo Tekes, Tapio Ollikainen Wärtsilä Finland Oy, Ahti Rantonen Finnmap Consulting Oy, Markku Tapola Insinööritoimisto AX-LVI Oy, Esa-Pekka Timonen Rautaruukki Oyj (2012), Tapio Törmänen R-taso Oy sekä Arto Virta Ruukki Metals Oy (2012). Markku Tapola toimi johtoryhmän puheenjohtajana.

Lämpimät kiitokset hankkeen aktiivisille yhteistyötahoille erittäin hyvästä ja tuloksekkaasta yhteistyöstä! Toivotamme, että opas välittää innostuksemme ja tietomme käytettävyyden kehittämisestä teollisuustiloissa.

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Lyhyesti | 3 |
| 2 | Suunnittelu ja teollisuustilojen käytettävyys | 4 |
| 2.1 | Suunnittelu on prosessi | 4 |
| 2.2 | Käytettävyiden kehittämisestä..... | 7 |
| 3 | Käytettävyys teollisuusympäristössä..... | 9 |
| 3.1 | Teollisuustilojen käytettävyiden viitekehys..... | 9 |
| 3.2 | Käytettävyiden määritelmästä | 12 |
| 4 | InduSpace-menetelmiä | 13 |
| 4.1 | InduSpace-konsepti..... | 13 |
| 4.2 | Käyttäjärühmäanalyysi..... | 14 |
| 4.3 | Ideaallinen tuotantoprosessi | 14 |
| 4.4 | Tehdaskävely | 15 |
| 4.5 | Teollisuustilojen käytettävyyskysely | 15 |
| 4.6 | Käytettävyyskävely | 16 |
| 4.7 | Teollisuustilavyöhykkeet..... | 17 |
| 4.8 | Suunnitteluvaatimukset | 19 |
| 5 | Teollisuustilat ja visualisointi | 20 |
| 5.1 | Visuaalinen mallinnus | 20 |
| 5.1.1 | Teollisuuden tuotannon ja tuotantotilan visualisointi-prosessi | 21 |
| 5.1.2 | Visuaalisen mallinnuksen hyöty- ja kustannusnäkökohtia..... | 22 |
| 5.1.3 | Teollisuuskohteen suunnittelu virtuaaliympäristössä..... | 23 |
| 5.1.4 | Visuaalisen mallinnuksen muutosajurit | 24 |
| 6 | Teolliset työympäristöt ja työolosuhteet..... | 26 |
| 6.1 | Tavoitetasot | 26 |
| 6.2 | Lähtötason ja lopputuloksen arviointi..... | 27 |
| 6.3 | Työturvallisuus | 28 |
| 6.4 | Ergonomia | 28 |
| 6.5 | Työhygieniä | 29 |
| 6.5.1 | Melu | 29 |
| 6.5.2 | Ilman epäpuhtaudet ja ilmanvaihto..... | 29 |
| 6.5.3 | Lämpöolosuhteet | 30 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.5.4 | Valaistus..... | 30 |
| 6.5.5 | Säteilyt..... | 31 |
| 6.6 | Visuaalinen työympäristö ja orientoitavuus..... | 31 |
| 7 | Kiinteistöjohtaminen teollisuustiloissa | 34 |
| 7.1 | Teollisuuskiinteistöjen rooli | 34 |
| 7.2 | Kiinteistöjohtaminen | 35 |
| 7.3 | Kiinteistöjohtamisen lisäarvo..... | 35 |
| 8 | Tulevaisuuden teollisuustila | 37 |
| 8.1 | InduSpace 2030 skenaariot M ⁵ | 37 |
| 8.2 | Teollisuustilojen arkkitehtuuri..... | 40 |
| | Lisätietoa | 41 |

1 LYHYESTI

Hyvä teollisuustila työ- ja tuotantoympäristönä edellyttää onnistunutta suunnittelua ja toteutusta sekä yhteistyötä, jotka liittyvät tuotannollisiin, tilallisiin sekä muihin seikkoihin. Lähtökohtana teollisuuden tilainvestointiprosessille ovat selkeästi asetetut tavoitteet, joihin liittyy sekä tuotannollisia, tilallisia että monia muita tavoitteita. Eri osapuolten sitoutuminen tavoitteisiin onnistuu, kun ne avataan yksityiskohtaisemmiksi suunnitteluvaatimuksiksi.

Tuotantoprosessi vaikuttaa vahvasti teollisuustilojen käytettävyyteen, jonka kehittäminen tapahtuu tehokkaimmin suunnitteluprosessin kautta. Tähän kehittämistyöhön tarvitaan toimivia menetelmiä, uusia työvälineitä, osaamista ja yhteistyötä.

Teollisuuden työympäristön olosuhteiden vaihteluväli on melko laaja ja suunnittelussa työolosuhteiden tavoitteina on yleensä käytetty pelkästään lakisääteisiä minimitasoja. Poikkeuksen muodostavat ne teollisuustilat, joissa tuotanto asettaa erityisiä tavoitteita olosuhteille. Tilankäytön, tuotannon ja käyttäjien erityisiä tarpeita ei useinkaan osata ottaa huomioon riittävän ajoissa, osana suunnitteluprosessia. Perustasoista tilaa suunniteltaessa käytetään suunnitteluun minimissään vain muutamaa lukuarvoa.

Teollisuustilojen käyttäjät ja käytettävyys

Teollisuustilojen käytettävyyttä arvioidaan viiden näkökulman ja osatekijän kautta eli toiminnallisuuden, turvallisuuden, ergonomian, orientoitavuuden ja viihtyisyyden näkökulmista. Käyttäjätarpeiden huomioon ottaminen hyödyttää käyttäjän lisäksi koko yritystä. Hyödyt näkyvät lisääntyvänä työn sujuvuutena, parempana työn turvallisuutena ja terveellisyytenä, mikä ilmenee vähentyneinä poissaoloina. Samalla henkilöstön työhön sitoutuminen ja työmotivaatio parantuvat.

Teollisuustilalla on useita käyttäjäryhmiä ja käyttäjillä erilaisia kokemuksia ja tarpeita työympäristölle. Oleellista on tunnistaa ja osallistaa nämä eri käyttäjäryhmät. Työympäristöön liittyvät erilaiset tarpeet tulee selvittää, analysoida, priorisoida ja ottaa huomioon suunnittelussa ja toteutuksessa. Käyttäjät ovat työympäristön asiantuntijoita omien käyttökokemustensa kautta. Haasteellista on ottaa erilaiset ja osittain ristiriitaisetkin tarpeet huomioon samanaikaisesti.

Systemaattinen teollisuustilojen käytettävyyden tutkimus on ollut toistaiseksi melko vähäistä. Tehdyissä tutkimuksissa käytettävyydenäkökulma on ollut suppea rajoittuen esimerkiksi tiettyihin prosessivaiheisiin, tiettyyn käyttäjäryhmään tai vakavien turvallisuusriskien hallintaan. Vastaavasti muiden tilatyyppeiden käytettävyydestä löytyy runsaasti tutkimustuloksia ja menetelmiä, joita voidaan soveltaa myös teollisuustiloissa.

2 SUUNNITTELU JA TEOLLISUUSTILOJEN KÄYTETTÄVYYS

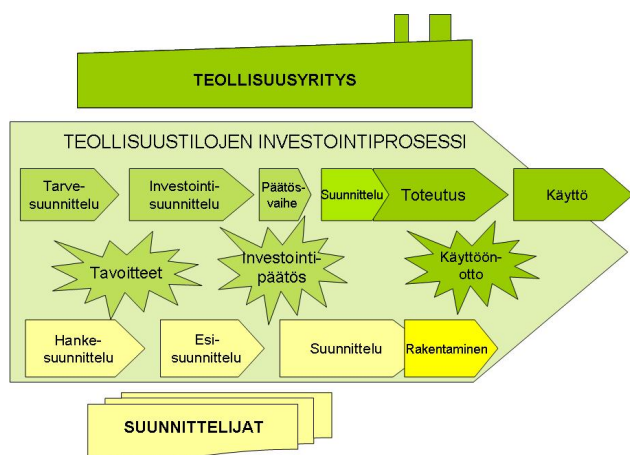
Tarja Mäkelä, Työterveyslaitos

- Miten pystyn varmistamaan, että tuloksena on toimiva teollisuustila?
- Millaisia käytettävyystavoitteita voi liittyä teollisuustilojen suunnitteluun?
- Millaisilla menetelmillä teollisuustilojen käytettävyyttä voidaan arvioida ja kehittää?
- Miten parannetaan eri osapuolten yhteistyötä ja yhteistä ymmärrystä käytettävyydestä?
- Miten visualisointimenetelmiä voidaan käyttää käytettävyyden kehittämisessä?

2.1 Suunnittelu on prosessi

Teollisuustilojen suunnittelu perustuu selkeisiin määriteltyihin tavoitteisiin. Yrityksessä tavoitteiden määrittelyn lähtökohtana tulee olla kokonaisvaltainen näkökulma. Teollisuustilojen käytettävyyden määritelmä kattaa laajasti teollisuustilojen käyttötilanteisiin liittyvät seikat. Suunnittelijan haasteena on ymmärtää esitetyt tavoitteet ja suunnitteluvaatimukset sekä toteuttaa ne suunnitelmissaan.

Teollisuustilojen suunnitteluprosessi rakentuu useista vaiheista, joiden nimitykset vaihtelevat yrityskohtaisesti. Kuvassa 1 on esitetty kokonaisuudessaan teollisuustilojen suunnitteluprosessi, mikä muodostuu teollisuusyrityksen investointi- ja suunnitteluprosessista sekä suunnittelijoiden suunnitteluprosessista, jotka linkittyvät toisiinsa. Käytännössä sekä teollisuusyrityksen että suunnittelijoiden suunnitteluprosessit ja varsinainen toteutus limittyvät toisiinsa ja niitä tehdään samanaikaisesti. Aikapaine asettaa erityisiä haasteita suunnittelussa ja toteutuksessa käytettävyyden toteutumiselle.



Kuva 1. Teollisuustilojen investointiprosessissa yhdistyy teollisuusyrityksen investointihanke (esitetty vihreällä) ja suunnittelijoiden suunnitteluprosessi (esitetty keltaisella).

Oppaassa keskitytään teollisuustilojen suunnitteluprosessissa investointipäätöstä edeltäviin tarve- ja investointisuunnitteluvaiheisiin. Keskeisiä tekijöitä ovat teollisuusyrityksen johto,

asiantuntijat, projektihenkilöstö sekä eri alojen suunnittelijat ja näiden onnistunut keskinäinen yhteistyö.

Prosessin vaiheet on esitetty prosessin omistajan eli teollisuusyrityksen näkökulmasta:

1. Tarvesuunnitteluvaihe
2. Investointisuunnitteluvaihe
3. Päätösvaihe
4. Suunnitteluvaihe
5. Toteutusvaihe
6. Käyttövaihe

1. Tarvesuunnitteluvaihe

Teollisuustilan suunnitteluprosessin taustalla ovat tarpeet, tunnistetut ja määritellyt ongelmat sekä niistä muodostetut strategisen tason tavoitteet. Teollisuustilaan voi liittyä erilaisia tavoitteita, yleensä tuotannollisia, tilallisia tai imagollisia. Olennaista on, että suunnitteluprosessin aikana muodostuvat tavoitteet ovat selkeät ja niistä pystytään määrittelemään selkeäsanaiset käyttäjävaatimukset sekä prosessin edetessä kehittämään ja muodostamaan rajattuja ja yksityiskohtaisia suunnitteluvaatimuksia. Koko suunnittelu- ja toteutusprosessin ajan tavoitteet pitää voida ylläpitää ristiriidattomina sekä luoda hyvä perusta myös myöhemmille tilan muutostarpeiden toteutuksille.

Tarvesuunnitteluvaiheessa muodostetaan tilan kehittämisen toimintamalli. Ideoinnissa voidaan käyttää ideaalinen tuotantoprosessi –menettelyä (luku 4.3).

2. Investointisuunnitteluvaihe

Investointisuunnitteluprosessiin tulee panostaa aikaa ja resursseja. Organisointi tarkoittaa resurssien varmistamista eli vastuuhenkilön ja tekijöiden nimeämistä. Tässä vaiheessa sovi- taan myös tiedonhallinta- ja palautekäytännöt sekä henkilöstön osallistumis- ja sitouttamista- vat investointihankkeeseen. Samalla on syytä sopia miten sisäisiä ja ulkoisia asiantuntijoita ja verkostoyhteistyötä käytetään sekä miten eri yhteistyömuotoja hyödynnetään. Samalla orga- nisoidaan yhteisen data-aineiston keräys- ja käyttötavat.

Investointisuunnittelu alkaa lähtötietojen keräämisestä ja analysoinnista. Kun kyseessä on teollisten tilojen muutos, voidaan käyttäjiltä ja työympäristöstä hankkia lähtötietoja eri tavoin. Tässä vaiheessa voidaan käyttää InduSpace-menetelmistä konseptia (luku 4.1), käyttäjäryh- mäanalyysiä (luku 4.2), tehdaskävelyä (luku 4.4) ja teollisuustilojen käytettävyysskyselyä (luku 4.5). Lähtötietojen analysoinnissa ja johtopäätösten muodostamisessa voidaan käyttää tarvittaessa ulkopuolisia asiantuntijoita.

Lähtöaineistot voidaan jakaa valmiisiin aineistoihin ja hankittaviin aineistoihin. Valmiita aineis- toja ovat mm. arkkitehti- ja rakennepiirustukset, prosessi- ja materiaali virtakaaviot, riskiana- lyysit ja raportit. Lisäksi tietoja voidaan hankkia haastattelemalla, havainnoimalla, valoku- vaamalla ja videoimalla. Tilamuutoksessa tietoa voidaan kerätä työtehtävistä, työpisteistä, työympäristöstä ja tuotantoprosessiin liittyvistä yksityiskohdista.

Investointisuunnitteluvaiheessa tehdään keskeiset strategiset päätökset koskien resursseja, tavoitteita, tiloja, tuotantoa, suunnittelua ja sen visualisointiratkaisuja sekä toteutusta. Tilan ja tuotannon tarpeet ja vuorovaikutus tulee tunnistaa. Vuorovaikutuksesta muodostuu reunaeh- toja, jotka prosessin edetessä voivat muuttua ja joustaa.

Tilan jäsentelyssä voidaan käyttää teollisuustilavyöhykemenetelmää (luku 4.7) ja esittää myös tarvittavat suunnitteluvaatimukset vyöhykejaolla. Yksityiskohtaista käytettävyydestä suunnitteluvaatimusten pohjaksi saadaan käytettävyyssävellyllä (luku 4.6). Jo tässä vaiheessa voidaan käyttää erilaisia visualisointitekniikoita, joilla helpotetaan kokonaisuuden hahmottamista ja yhteistyötä.

Varsinaista teknistä suunnittelua varten tarvitaan tavoitteista muodostetut selkeät suunnitteluvaatimukset (luku 4.8). Ne ohjaavat suunnittelua kohti haluttuja tavoitteita ja vaatimuksia. Tässä vaiheessa sovitaan myös investointihankkeessa käytettävät monipuoliset mittaristot, joilla arvioidaan hankkeen tavoitteiden saavuttamista. Lopputuloksena tiedot yhdistetään investointisuunnitelmaan. Mitä paremmin tämä vaihe toteutetaan, sitä helpompi on toteutusvaihe.

3. Päätös vaihe

Päätös vaiheessa yritysjohto tekee päätöksen investoinnin käynnistämisestä investointisuunnitelman tulosten perusteella. Hanke päätös perustuu monipuolisen päätösaineiston analysointituloksiin. Aineisto sisältää tarkat tiedot vaatimuksista ja tavoitetasoista, kustannuksista, aikataulusta, resursseista ja toteutuksesta. Kustannustarkastelu sisältää laajan hyötytarkastelun, jossa on analysoitu eri vaihtoehtoja ja monipuolisesti hyötyjä. Lopputuloksena on päätös investoinnista.

4. Suunnittelu vaihe

Varsinainen suunnittelu vaihe sisältää yksityiskohtaisen teknisen suunnittelun ja investoinnin toteuttamisen valmistelut, kuten urakoitsijoiden ja toimittajien valinnan. Suunnittelu vaihe ja toteutus vaihe yleensä limittyvät, mikä tuo lisähaasteita muutosten hallintaan, viestintään ja käytettävyyden varmistamiseen. On tärkeää, että käytössä on toimivat viestintä- ja dokumentointimenettelyt.

5. Toteutus vaihe

Toteutus vaihe sisältää rakentamis- ja asentamistyöt. Vaihe päättyy käyttöönottoon, jonka jälkeen siirrytään normaaliin käyttö vaiheeseen. Kaikkien muutosten vaikutukset käytettävyyteen on aina syytä arvioida. Samoin on syytä muistaa, että muutos jossain tietyssä asiassa aiheuttaa usein muutospaineita myös muihin asioihin. Suunnittelijoille on siis syytä varata resursseja myös toteutus vaiheeseen.

6. Käyttö vaihe

Käytön aikana testataan suunnittelun ja toteutuksen onnistuminen ja lopputulos eli teollisuustilojen käytettävyys. Käyttökokemukset sekä tehdyt muutokset kannattaa dokumentoida järjestelmällisesti, että kaikki tieto on käytettävissä tulevaisuudessa uusissa investoinneissa.

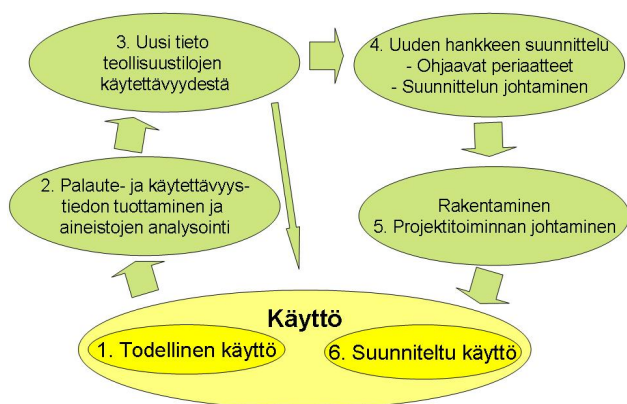
Suunnittelussa tulee ottaa huomioon sekä tuotantoprosessien vaatimukset että tilojen käytön ja ylläpidon vaatimukset. Joustavat ja muunneltavat ratkaisut tulee käydä läpi elinkaaren, kestävän kehityksen sekä tulevaisuuden käyttötapojen näkökulmasta.

Teollisuustilojen käytettävyyden suunnittelussa voidaan käyttää apuna InduSpace-konseptia. Se sisältää esitysmuotoista aineistoa, jota voidaan käyttää suunnitteluprosessin eri tasoilla. Saatavilla: www.ttl.fi/fi/tutkimus/hankkeet/induspace

2.2 Käytettävyyden kehittämistä

Suvi Nenonen, Aalto-yliopisto

Käytettävyyden kehittäminen ja ylläpitäminen tapahtuu monessa eri vaiheessa ja parhaimmillaan se on mielenkiintoinen ja opettava prosessi, joka yhdistää monta eri toimijaa. Yhteisenä tavoitteena on tuottaa toimiva työympäristö. Kuvassa 2 esitellään teollisuustilojen käytettävyyden kehittämisen prosessi yleisellä tasolla. Vaihteita on kuusi alkaen ja päättyen käytön kontekstista.



Kuva 2. Teollisuustilojen käytettävyyden kehittämisen prosessi (Mukaillen Lindahl et al. 2011).

Teollisuustiloissa on otettava huomioon kolme yhtäaikaista käyttövyöhykettä: ihminen ja prosessi, prosessi ja tila sekä ihminen ja tila. Vuorovaikutus ihmisen ja laitteiden sekä ihmisen ja tilan välillä on käytettävyyden kannalta kaksitahoinen kokonaisuus, jonka saumaton toimiminen yhteen parantaa työn sujumista, tuottavuutta ja tyytyväisyyttä. Näistä eri vyöhykkeistä kerätään palautetietoa eli uutta tietoa käytettävyydestä, jota käytetään uuden suunnitteluun ja havaittujen puutteiden kehittämiseen. Rakennusprojektin johtamisella on suuri vaikutus käytettävyyden toteutumiseen osana rakennusratkaisua ja sen toteuttamista. Tuloksena syntyy tila sellaisena kuin se oli suunniteltu.

Tottuminen ja sopeutuminen välttäviin olosuhteisiin ovat tyypillistä tilakäyttäytymistä, johon ei kuitenkaan kannata suostua. Ihminen on käyttäjänä hyvin mukautuvainen tilanteisiin, joissa käytettävyys on kohtalainen, jopa heikko. Tätä tottumista vääränlaisiin epämukavuuksiin

on pyrittävä tunnistamaan ja ihmisen toimintaa ohjaamaan siten, että mukavuus ja ketteryys ovat niitä asioita, jotka tukevat työn tekemistä.

Tilan kehittäminen on jatkuvaa oppimista ja monesti pienet parannukset voivat maksaa itsensä takaisin moninkertaisesti. Tuotantotila on sekä fyysinen että virtuaalinen kokonaisuus – teknologian kehittyminen on arkipäivää myös teollisuuden tiloissa. Mikäli suunnitteluprosessissa kaikki on loppuun asti ajateltua, on lopputulos käytettävä. Mikäli ajatus on jäänyt kesken, katkennut tai ei kyllin kata kaikkia näkökulmia, on käytettävyydessä kehitettävää.

Läpinäkyvyys organisaation toiminnassa ja suunnitteluprosessissa

Läpinäkyvyys organisaation toiminnassa on asenne ja tahtotila, joka perustuu vuorovaikutukseen. Se on valmiutta jakaa omia ajatuksia ja tuotoksia. Samalla läpinäkyvyys on kykyä ja halua ottaa vastaan muualta tulleita ideoita, palautetta, kommentteja ja kontribuutioita sekä muokata omaa toimintaa niiden perusteella.

Toiminnan avoimuus edistää läpinäkyvyyttä. Kaiken ei tarvitse olla avointa, mutta toiminta on pääosin julkista tietyille rajoitetuille kohderyhmille ja poikkeukset tästä perustellaan. Päätösten suhteen avoimuus on sitä, että koko päätöksen syntymiseen johtanut prosessi voidaan jäljitellä. Päätöksistä kommunikointi edellyttää molemminpuolisen ymmärtämisen vuoksi avoimuutta ja tietojen jäljitettävyyttä. Organisaation avoimuuden perustana on läpinäkyvyys, joka luo puitteet ihmisten osallistumisella. Huippuna on yhteistoiminta eli osallistutaan tekemällä ja tuottamalla, ei vain kommentoimalla tai äänestämällä.

Työtilojen kehittämisessä on muistettava ihminen ennen konetta, vaikka investoinnit koneisiin ja laitteisiin ovatkin suuria. Loppuun asti ajatellun työympäristön tarjoaminen työntekijöille maksaa itsensä takaisin tuottavina ja tyytyväisinä työntekijöinä.

Suunnittelun kautta siirrettävä käytettävyystiето tuleviin kohteisiin siirtyy vain, kun käytössä olevaa kohdetta ja sen käytettävyyttä tarkastellaan toiminnan aikana. Oppiminen olemassa olevasta on yhteinen prosessi, jossa eri osapuolet ovat kaikki asiantuntijoita.

Kaikki saatavilla oleva käytettävyystiето on oppivan suunnitteluprosessin a ja o. Arvioinnit eri käyttäjien näkökulmista auttavat tunnistamaan rajapintoja esimerkiksi logistiikan ja prosessien toimijoiden välillä. Monimutkainen systeemi tavara-, prosessi- ja ihmisvirto- ja muodostavat kokonaisuuden.

3 KÄYTETTÄVYYS TEOLLISUUSYMPÄRISTÖSSÄ

Leena Aalto, Aalto-yliopisto

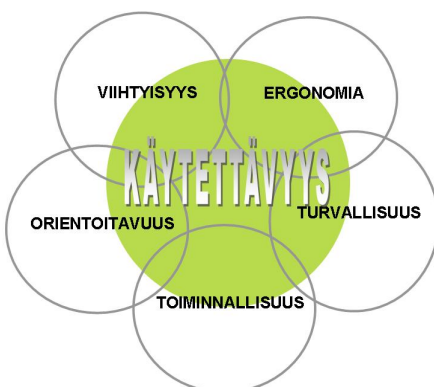
- Oletko miettinyt, miten työt sujuisivat vielä helpommin teollisuusympäristössä?
- Haluatko katsoa tilojasi uudella silmällä ja tunnistaa heikot lenkit, joille ”pitäisi tehdä jotain” tai ”jotka ovat aina olleet näin, mutta eivät kuitenkaan toimi”?
- Vastaavatko tilat kaikkien käyttäjäryhmien tarpeisiin vai onko rajapinnoilla kitkaa?
- Kiinnostaako sinua henkilöstön työhyvinvoinnin kehittäminen?

Käytettävyyden arvioinnissa tulee tunnistaa työympäristössä toteutuvat hyvät käytännöt sekä ne tekijät, joiden avulla voidaan kehittää työolosuhteita. Teollisuustilojen käytettävyyden arvioinnissa korostuu erityisesti logististen prosessien ja tuotantokoneiston määrittelemä toimintaympäristö, jossa tärkeänä tekijänä on työntekijöiden työympäristö.

Työympäristöön liittyvät erilaiset tarpeet tulee selvittää, priorisoida ja ottaa huomioon suunnittelussa ja toteutuksessa. Yksi keskeinen lähtötieto on kattava käyttäjien käytettävyysskemuksen teollisuustiloista. Käyttäjät ovat työympäristön asiantuntijoita omien käyttökokemustensa kautta. Tärkeää on erottaa erilaiset toiveet todellisista tarpeista sekä kyetä määrittämään todelliset, ratkaisua vaativat ongelmat. Haasteellista on myös hyödyntää todelliset tarpeet tavoitteiden ja suunnitteluvaatimusten määrittelyssä, kehittämisessä ja ylläpitämisessä ristiriidattomina, yksityiskohtaisina suunnittelun spesifikaatioina.

3.1 Teollisuustilojen käytettävyyden viitekehys

Teollisuustilojen käytettävyyden viitekehys koostuu viidestä osatekijästä: toiminnallisuus, turvallisuus, ergonomia, viihtyisyys ja orientoitavuus (kuva 3).



Kuva 3. Teollisuustilojen käytettävyyden osatekijät.

Toiminnallisuus teollisuustiloissa tarkoittaa kokonaisuutena luontevaa ja helppoa tilojen käyttöä. Tila tukee toimintaa. Toiminnallisuus on teollisuustilojen käytettävyyden perusta.

- Miten: Toiminnallisuus on sujuvuutta, lyhyitä siirtymisiä ja selkeyttä eli ristikkäisten toimintojen välttämistä. Teknisten ratkaisujen avulla luodaan tuotannon ja henkilöstön tarvitsemat tuotanto-olosuhteet. Toiminnallisuutta ovat myös teollisuustilan yhtenäiset käytännöt, säännöt ja merkinnät.

Turvallisuus sisältää rakenteellisen ja toiminnallisen turvallisuuden lisäksi työturvallisuuden. Turvallisuus on teollisuustilojen perusominaisuus.

- Miten: Rakenteellinen turvallisuus on tilojen sisäänrakennettu perusominaisuus, mikä ei yleensä näy ulospäin tilojen käyttäjille. Teollisuustilojen käytön turvallisuutta ovat esimerkiksi käyttötarpeiden mukaiset materiaaivalinnat, näkymät, valaistusolosuhteet, logistiikkaratkaisut, kulkuväylät, nousutiet. Toiminnallisen turvallisuuden ja työturvallisuuden edellytykset tulee täyttää ristiriidattomasti.

Ergonomia on ihmisen ja toimintajärjestelmän vuorovaikutuksen tutkimista ja kehittämistä ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän suorituskyvyn parantamiseksi. Ergonomian avulla työ, työvälineet, työympäristö ja muu toimintajärjestelmä sopeutetaan vastaamaan ihmisen ominaisuuksia ja tarpeita. Ergonomialla parannetaan ihmisen turvallisuutta, terveyttä ja hyvinvointia sekä järjestelmien häiriötöntä ja tehokasta toimintaa.

- Miten: Ergonomiaan voidaan vaikuttaa toimintojen hyvällä suunnittelulla, oikein mitoitetuilla työtiloilla sekä sopivilla työväline- ja laitevalinnoilla. Työmenetelmävalinnoissa nosto- ja siirtoja tulee välttää tai niitä varten tulee olla sopivat apuvälineet.

Orientoitavuus liittyy helppoon tilan hahmottamiseen ja suunnistamiseen tiloissa.

- Miten: Orientoitavuutta arvioidaan tehdasalueelle saavuttaessa, tehdasalueella ja sisällä teollisuustiloissa. Siihen liittyy myös tilakokonaisuuksien hahmottaminen isossa teollisuustilassa, mikä toisaalta helpottaa myös tuotantoprosessin ja sen osien hahmottamista.

Viihtyisyys teollisuustyöympäristössä tarkoittaa sitä, että työn tekemiseen ja työmotivaatioon on panostettu huomioimalla työntekijän tarve myös rauhoittua ja rentoutua työpäivän aikana siihen tarkoitetuissa tiloissa. Viihtyisyys on useimmiten visuaalisin keinoin tilaan saatua koettua lisäarvoa (user experience).

- Miten: Viihtyisyyteen teollisuustiloissa vaikuttavat mm. riittävä ja oikein kohdistettu valaistus, luonnonvalo, värien käyttö, helppohoitoiset pintamateriaalit sekä järjestys ja siisteys. Taukotilojen merkitys sosiaalisten suhteiden ylläpitäjinä sekä potentiaalisena paikkana nopeaan tiedonvälitykseen tulee tiedostaa aiempaa paremmin.

Teollisuustilojen käytettävyyttä voidaan arvioida ja kehittää näiden osatekijöiden avulla. Osatekijöihin liitetään tarkastelukohteita, joihin liittyy ongelmia tai puutteita. Analyysillä epäkohtiin kehitetään keinoja, joilla käytettävyys paranee. Tällainen tarkastelutapa on esitetty tiivistetyssä taulukossa 1, mihin on koottu esimerkkejä kunkin osatekijän kohdalle.

*Taulukko 1. Teollisuustilojen käytettävyyden osatekijöiden kehittämisen yleisiä tarkastelukoh-
tia ja keinoja.*

| Osatekijä | Tarkastelukohteita | Keinoja |
|--------------------------|---|---|
| Toimin- nallisuus | a) tuotantoprosessin eteneminen b) päällekkäiset ja risteävät toiminnot c) saavutettavuus d) työ- ja apuvälineiden säilytys | a) ideaalisen tuotantoprosessin soveltaminen b) toimintojen rajaukset, oviaukkojen ja trukki liikenteen määrä ja sijainti, säännöt, visuaalisuus c) selkeät, loogiset yhteydet, opasteet d) työ- ja apuvälineille loogiset ja näkyvät säilytyspaikat (värit) |
| Turvallisuus | a) kulkuteiden turvallisuus b) tuotantolinjojen ylitykset c) työpisteiden turvallisuus d) työolosuhdetekijät | a) henkilö liikenteen kulkureittien selkeys ja rajaaminen, näkyvyys, opastus, yleis- ja työpistevalaistus b) kulkusillat, mitoitus, merkinnät (värit), säännöt c) työntekijän suojaaminen, työskentelytasojen koko ja rakenne d) työolosuhdetekijöiden monipuolinen hallinta |
| Ergonomia | a) työskentelytilojen toiminnallisuus b) kuormittavat työasennot c) työvälineiden käyttö d) nostot ja siirrot e) valaistus | a) toimintaan mitoitettut työtilat b) töiden suunnittelu, muutokset, opastus c) työvälineiden kehittäminen (muoto, värit) d) minimointi, konenostot, apuvälineet e) työn vaatimusten mukainen valaistus |
| Orientoi- ta- vuus | a) prosessin osa-alueiden hahmottaminen b) työskentely-ympäristön jäsentäminen c) kulkuteiden ja työskentelyalueiden selkeys d) viestintä, imago ja näkyvyys | a) hyvä näkyvyys, koko, korostaminen ja ohjaaminen b) työskentelyalueiden visuaalinen rajaaminen ja viestintä c) visuaalisen informaation lisääminen d) opasteet: sijoitus ja koko, arkkitehtuuri |
| Viihtyisyys | a) sosiaaliset suhteet, viestintä b) työympäristön estetiikka c) näkymät d) valaistus | a) kohtaamispaikat, taukopaikkojen sijoittaminen, viihtyisyys ja palvelutaso b) värien käyttö, pintamateriaalit, varusteet, kalusteet, siisteys ja järjestys c) aukotukset, sijainnit, linjaukset d) tilavyöhykkeiden korostaminen erilaisilla valoratkaisuilla sekä luonnonvalon käyttö |

3.2 Käytettävyyden määritelmästä

ISO 9241-11 –standardi on osa hyvin laajaa muuntumassa olevaa standardikokoelmaa (ISO 9241). Standardi on alun perin tehty kohdistumaan melko rajatulle alueelle (toimistotyön näyttölaitteiden ergonomiavaatimukset 'Ergonomic requirements for office work with visual display terminals =VDT'). Se pitää kuitenkin sisällään käytettävyyteen hyvin yleistettävissä olevia ihminen-teknologia vuorovaikutukseen (human technology interaction, HTI) kytkeytyviä peruseriaatteita.

Standardi määrittelee käytettävyyden seuraavasti: "Se vaikuttavuus, tehokkuus ja tyytyväisyys, jolla tietyt määritellyt käyttäjät saavuttavat määritellyt tavoitteet tietyssä ympäristössä".

- Vaikuttavuudella tarkoitetaan, miten tarkoin ja täydellisesti käyttäjä saavuttaa tavoitteensa.
- Tehokkuus tarkoittaa tavoitteiden saavuttamista suhteutettuna käytettyihin resursseihin.
- Tyytyväisyydellä tarkoitetaan käyttäjän tyytyväisyyttä laitteen tai järjestelmän käyttöön, tyytyväisyyttä vuorovaikutuksen sujuvuuteen ja sen tulokseen.

Nykyään käyttäjälähtöistä tutkimusta käytetään laajasti myös rakennetun ympäristön käytettävyyden arvioinnissa. Kun verrataan teollisuustilojen käytettävyyden osatekijöitä käytettävyyden määritelmään, voidaankin osatekijöitä kuvata vaikuttavuuden, tehokkuuden ja tyytyväisyyden osalta taulukon 2 esittämällä tavalla.

Taulukko 2. Käytettävyyden määritelmä teollisuustilojen käytettävyyden arvioinnissa.

| OSATEKIJÄ | VAIKUTTAVUUS | TEHOKKUUS | TYTYTYVÄISYYS |
|-----------------|---------------------------------|----------------------------|---|
| toiminnallisuus | kustannus-tehokkuus kasvaa | prosessin tehokkuus kasvaa | sujuvuus |
| turvallisuus | ei tapaturmia, ei poissaoloja | työn tehokkuus kasvaa | turvallisuudentunne |
| ergonomia | ei huonoja työasentoja | työn tehokkuus kasvaa | ei liiallista väsymistä ja kiputiloja |
| orientoitavuus | työympäristön selkeys lisääntyy | turha liikkuminen vähenee | tilannetietoisuus työympäristöstä paranee |
| viihtyisyys | keskittyminen parantuu | työn tehokkuus kasvaa | sitoutuminen työpaikkaan lisääntyy |

4 INDUSPACE-MENETELMIÄ

Tarja Mäkelä ja Mika Nyberg, Työterveyslaitos

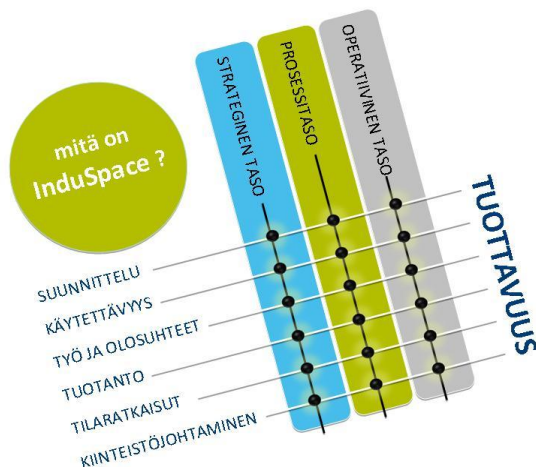
Leena Aalto, Aalto-yliopisto

- Miten erilaiset käytettävyyden ja teollisuustilojen kehittämisen menetelmät toimivat käytännössä?
- Mitä tarkoittaa tehdaskävely tai käytettävyyssävy?
- Millaisia vyöhykkeitä teollisista tiloista voi erottaa?

Menetelmät on kehitetty InduSpace-hankkeessa tukemaan päätöksentekoa parannettaessa ja kehitettäessä teollisuustilojen käytettävyyttä. Teollisuustilaprosessi sisältää sekä teollisuustilojen suunnittelun että kehittämisen.

4.1 InduSpace-konsepti

InduSpace-konsepti sisältää esitysmuotoista, valmiiksi kalvopohjaista aineistoa, jota voidaan käyttää teollisuuden tilasuunnitteluprosessien tukena. Konseptin avulla voidaan ottaa teollisuustilojen käytettävyyssasiat huomioon oikea-aikaisesti osana suunnitteluprosessia. Konseptin sisältöalueina ovat suunnittelu, käytettävyys, työ ja olosuhteet, tuotanto, tilaratkaisut sekä kiinteistöjohtaminen (kuva 4). Aineisto jakautuu jokaisen sisältöalueen sisällä kolmeen tasoon. Strategisen tason tieto on esittelynomaisista ylitason tietoa, prosessitaso sisältää syvällisempää tietoa ja operatiivinen taso käytännönläheistä tietoa aiheesta. Konsepti on saatavilla: www.ttl.fi/fi/tutkimus/hankkeet/induspace



Kuva 4. InduSpace-konseptin aloituskuva. Pallokuvioista avautuu konseptin sisältö kyseisellä tasolla.

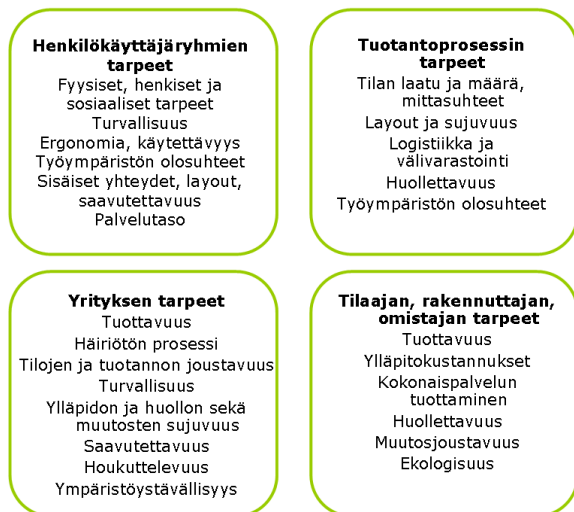
4.2 Käyttäjäryhmäanalyysi

Teollisuustilojen käytettävyyden arvioinnissa on tärkeää kartoittaa kohteen käyttäjäryhmät ja ryhmien erilaiset tarpeet suhteessa tilaan, työskentely-ympäristöön ja siellä tapahtuviin toimintoihin nähden.

Teollisuustiloissa on tyypillisesti neljä pääasiallista käyttäjäryhmää:

- Omistaja-, rakennuttaja- ja tilaajataho
- Yritystaho
- Henkilökäyttäjät
- Tuotantoprosessi

Yritystaho- ja henkilökäyttäjät -ryhmä sisältävät molemmat useita alaryhmiä. Itse tuotantoprosessiin kohdistuu myös käyttäjätarpeita, jotka on tarpeen erottaa muista tarpeista. Teollisuustilaprosessin käyttäjäryhmien ja tuotantoprosessin tarpeet on sovitettava yhteen suunnittelulla (kuva 5).



Kuva 5. Teollisuustilojen käyttäjäryhmiä ja niiden tarpeita.

4.3 Ideaalinen tuotantoprosessi

Ideaalinen tuotantoprosessi on tuotannon tehostamisen tavoite, johon liitetään tilatarpeet. Menetelmä on toimintamalli, jossa suunnitellaan ideaalinen tuotantoprosessi ilman mitään reunaehtoja. Tuloksena on sujuva, ideaalinen prosessi, joka avaa näkemään uusia mahdollisuuksia suunnitella sujuvampaa ja tehokkaampaa tuotantoa. Ensimmäisessä vaiheessa osallistujat voivat jokainen kuvata graafisesti (esim. fläpit) oman vaihtoehtoesityksensä ideaalisesta tuotantoprosessista ja perustella ratkaisunsa. Osallistujat kehittävät yhden tuotantoprosessimallin, johon keräävät parhaat ideat. Toisessa vaiheessa liitetään tilatarpeet tuotantoprosessin eri vaiheisiin. Uudiskohteessa tätä tulosta voidaan käyttää suoraan suunnittelun pohjana ja muutoskohteessa tavoiteprosessi sovitetaan nykytilojen ja tuotannon rajoituksiin.

4.4 Tehdaskävely

Tehdaskävelyn tavoitteena on tuoda esiin teollisuustilojen ja tuotannon sujuva yhteistoiminta sekä löytää käytettävyyteen vaikuttavia tekijöitä ja tilanteita. Teollisuustilojen käytettävyyden osatekijöitä ovat toiminnallisuus, turvallisuus, ergonomia, orientoitavuus ja viihtyisyys.

Toteutuksen periaatteena on seurata tuotannon jalostuksen logiikkaa. Ensiksi on suunniteltava tehdaskävelyn reitti alkaen raaka-aineiden saapumisesta portille, sen varastoisesta edelleen tuotantoprosessin eri vaiheisiin, pakkaamiseen ja varastointiin sekä valmiin tuotteen jakeluun asti eli portilta ulos. Tämän ydinprosessin lisäksi tietty hallintojoukko valvoo toimintaa ja hoitaa muita tehtäviä mahdollistaakseen ydinprosessin.

Tehdaskävelyreitti suunnitellaan etukäteen ja piirretään pohjakuviin. Kävelyn aikana havainnoidaan ympäristöä koko ajan kiinnittäen erityisesti huomio käytettävyyden osatekijöihin, otetaan valo- ja videokuvia ja suunnitelluissa pysähdyspisteissä kokemuksista keskustellaan ja saadaan vastauksia kysymyksiin. Osallistujina ovat yrityksestä sellaiset henkilöt, jotka tuntevat tuotantoprosessin kokonaisuudessaan. Lisäksi osallistujina ovat käytettävyyden, turvallisuuden, ergonomian ja työympäristön asiantuntijoita tarpeen mukaan.

Tehdaskävelyn tulosten purku tapahtuu mahdollisimman nopeasti. Heti kävelyn jälkeen pidetään tulokooste, jossa keskeiset havainnot käydään läpi. Esimiesten kanssa käydään valokuvien avulla vielä tarkemmin läpi työvaiheita ja työpisteissä mahdollisesti esiintyviä ongelmia, minkä jälkeen asiantuntijat laativat aineistosta kuvapohjaisen raportin.

4.5 Teollisuustilojen käytettävyysselvitys

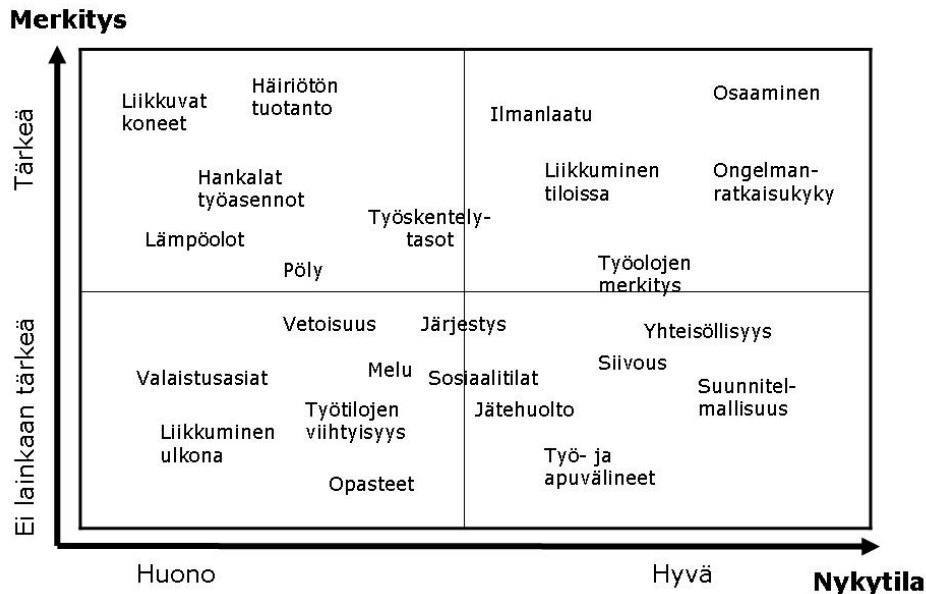
Teollisuustilojen käytettävyysselvityllä pyritään saamaan kokonaisvaltaisesti selville eri käyttäjäryhmien kokemukset teollisuusympäristön käytettävyyden tasosta. Tavoitteena on koota kaikkien käyttäjien kokemukset nykyisistä tiloista ja niiden toiminnasta. Selvityksen tuloksia voidaan käyttää päätöksenteon ja jatkotoimenpiteiden suunnittelun pohjana.

Asiantuntija raportoi selvityksen tulokset ja koostaa niistä yhteenvedon nelikentän, joka antaa kokonaiskuvan tilanteesta. Analyysissä asiantuntija nostaa esille tarvittaessa tärkeitä ja vaikuttavia taustatekijöitä. Tulosten analyysintilaverissa tuloksia käsitellään yhteistoiminnallisesti.

Käytettävyysselvitys koostuu räätälöityistä taustakysymyksistä, väittämistä ja avovastauksista. Selvityksen keskeisen osan muodostavat 61 väittämää. Väittämien sisältöalueita ovat sisätilat, työskentelyolosuhteet, turvallisuus ja työ. Jokaiseen väittämään vastaajat ottavat kantaa kahdella viisiportaisella asteikolla. Vastaajat arvioivat asioiden nykytilaa sekä niiden merkitystä nykyiselle työllensä. Avovastaukset käsittelevät työtilojen hyviä ja huonoja puolia, palveluita, tarpeettomia tiloja ja tilojen käytön ongelmia.

Käytettävyysselvityksen analysointi on kolmivaiheinen prosessi. Perusanalyysissä katsotaan kunkin väittämän suorat prosenttijakaumat nykytilan osalta asteikolla 1-5 (1= huono, 5= hyvin). Tämän rinnalla esitetään merkittävyys-mittarin osalta tärkeäksi (asteikon arvo 5) arvioitujen vastausten prosenttiosuus. Näin voidaan kunkin väittämän osalta arvioida sekä nykytila että koettu tärkeys samanaikaisesti. Tämä antaa peruskuvan ja näkökulman vastaajien tekemästä asioiden priorisoinnista. Perusanalyysissä kootaan tulokset myös taustakysymyksistä ja avovastauksista.

Syventävällä analyysillä kyselyn tuloksista muodostetaan yhteenvetografiikka nelikenttä (kuva 6), jolla muodostetaan kokonaiskuva kyselyn vastauksista. Tässä vaiheessa muodostetaan sisältöalueen kysymyksistä yhdistettyjä muuttujia, jotka sijoitetaan nelikenttätasoon sekä koetun nykytila-arvion että koetun merkittävyyden perusteella. Etuna on, että kyselyn tuloksista saadaan yksinkertainen ja selkeä graafinen kuvaaja, jota on helppo esitellä yrityksessä.



Kuva 6. Teollisuustilojen käytettävyysskyselyn tulokset esitetään graafisena nelikenttänä nykytilan ja merkityksen suhteessa.

Asiantuntijan rooli kyselyn tulostuloksissa on arvioida tuloksia omien havaintojensa pohjalta. Tämä vaihe on tärkeä sen takia, että kyselyn tuloksista voidaan suodattaa pois vastaajien tottuminen työympäristön ominaisuuksiin eli nk. työpaikkasokeus. Lisäksi asiantuntijat pystyvät korostamaan kyselyn tuloksista niitä tärkeitä seikkoja, jotka muuten jäisivät liian vähäiseen rooliin. Tulostuloksissa esiin nostetaan myös näitä piileviä ja epäselviä asioita, jotka tulee arvioida osana suunnitteluprosessia. Tulostulosten taustalla on parhaimmillaan asiantuntijan käytössä laaja lähtöaineisto sekä omat havainnot teollisuuskohteesta. Tulostulosten tulokset käsitellään yhteispalaverissa yritysjohdon ja asiantuntijoiden kanssa. Lopputuloksena on yhteinen näkemys teollisuustilojen käytettävyydestä sekä ne painopistealueet, joita yritys ensisijaisesti lähtee kehittämään ja mitä asioita selvitetään syvemmin. Tarvittaessa tulokset voidaan esittää myös jaettuna taustamuuttujien perusteella mm. eri osastoihin.

4.6 Käytettävyyssävelly

Tehdaskävelyn jatkoksi kehitettiin teollisuusympäristöön soveltuva käytettävyyssävelly, jonka keskipisteenä on työ. Teollisuusympäristössä käytettävyyssävellyn tekijä ei voi omakohtaisesti testata kaikkia työympäristön asioita, kuten koneiden hallintalaitteita. Työympäristön käytettävyyttä arvioidaan havaintojen, työntekijäkeskustelujen ja kokeilujen perusteella. Käytettävyyssävellyn kohteeksi valitaan tehdaskävelyn tulosten pohjalta keskeiset erilaiset työtehtävät ja eri työntekijöiden näkökulmat (trukkikuskit, pakkaajat, linjojen vastaavat jne.).

Käytettävyyssävelly koostuu eri "askeleista" eli pysähdyspaikoista, joissa on fyysisiä, sosiaalisia (työtoverit) ja virtuaalisia (tietokoneet tehtävien hallintaan, linjojen ohjaus digitaalisesti, trukkien kaukosäätimet oviin) käyttöliittymiä. Käytettävyyssävellyllä kootaan eri askeleiden kohdalta havaintoja siitä, mikä on hyvin ja mikä on huonosti sen kannalta, että kyseisessä kohdassa voidaan tehdä sitä toimintaa, mitä siinä kuuluu tehdä helposti ja tyytyväisenä.

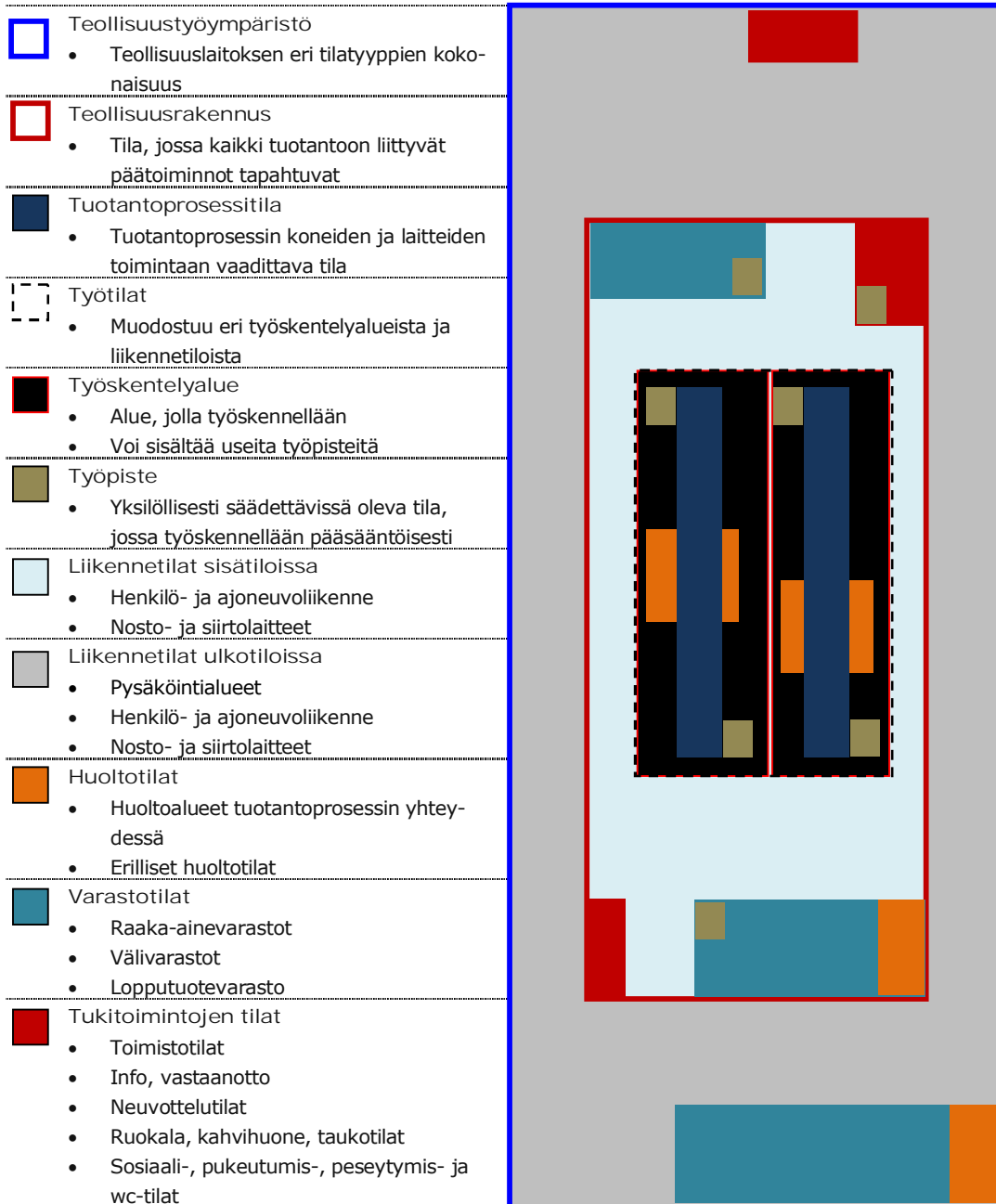
Suunnitelma toteutettavasta käytettävyyssävellyreitistä piirretään pohjapiirustuksiin. Reitin lisäksi tutkija tekee teollisuus/tehdässävellyn pohjalta listan teemoista, joita varsinaisessa käytettävyyssävellyssä käytetään apuna.

Näkökulmat eli teemat käytettävyyteen liittyen ovat toiminnallisuus, turvallisuus, ergonomia, orientoitavuus ja viihtyvyys.

4.7 Teollisuustilavyöhykkeet

Teollisuustiloissa voidaan määritellä erilaisia tilatyyppejä ja -vyöhykkeitä (kuva 7.). Erilaisten tilatyyppeiden käyttö helpottaa tilojen ja niiden ominaisuuksien jäsentämistä. Laajat teollisuustilat rakentuvat näistä erilaisista tilatyypeistä. Analysoimalla eri tilavyöhykkeiden ominaisuuksia ja tarpeita saadaan esiin niiden vaikutuksia muihin tilavyöhykkeisiin.

Teollisuustilavyöhykeanalyysin tavoitteena on edistää selkeän, sujuvan, toimivan ja käytettävän tilakokonaisuuden luomista. Jokaisella tilatyypillä on erilaisia ominaisuuksia ja niiden käyttöön liittyviä tarpeita, jotka tulee tilankäytön suunnittelussa tunnistaa. Eri tilatyypeille voidaan asettaa myös erilaisia työympäristön tavoitteita. Eri tilatyyppeiden rajapinnoissa voi esiintyä esimerkiksi erilaisia turvallisuusriskejä, jotka edellyttävät toimenpiteitä. Olennaista on etsiä erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja tilojen käytölle ja samalla arvioida niiden etuja ja haittoja.



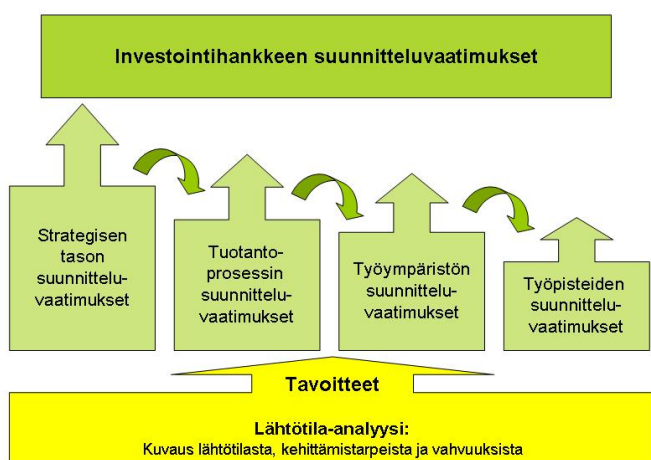
Kuva 7. Teollisuuden tilavyöhykkeet muodostavat kokonaisuuden, jossa kriittistä on vyöhykkeiden sijainti ja rajapintojen toimivuus.

Teollisuustilavyöhykkeisiin otetaan mukaan kaikki teollisuustuotantotoimintaan kuuluvat sisä- ja ulkotilat. Hyvänä suunnitteluperiaatteena on pyrkiä minimoimaan tarpeeton liikkuminen,

erottaa vaaralliset toiminnot, välttää ruuhkatiloja ja ristikkäisiä toimintoja. Olennaista on etsiä erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja tilojen käytölle ja samalla arvioida niiden etuja ja haittoja. Teollisuustilavyöhykeanalyysin tavoitteena on edistää selkeän, sujuvan, toimivan ja käytettävän tilakokonaisuuden luomista.

4.8 Suunnitteluvaatimukset

Teollisuustilojen suunnitteluvaatimukset -menetelmän tavoitteena on esittää teollisuustilaprosessin erilaiset tavoitteet sekä jäsentellä ja konkretisoida ne selkeiksi suunnitteluvaatimuksiksi. Tukiaineisto auttaa keräämään lähtötiedot, jäsentämään tilavyöhykkeitä sekä esittämään suunnittelumallin periaatteet ja yleisiä hyviä käytäntöjä. Menetelmän neljällä tarkastelutasolla muutetaan lähtötiedot tavoitteiden mukaisiksi suunnitteluvaatimuksiksi (kuva 8). Menetelmällä esitetään strategiset, tuotantoprosessin, työympäristön ja työpisteiden suunnitteluvaatimukset. Työväline on excell-pohjainen lomakkeisto.



Kuva 8. Suunnitteluvaatimukset-menetelmä sisältää lomakkeiston, jonka avulla rakennetaan järjestelmällisesti investointihankkeen suunnitteluvaatimukset perustuen lähtötila-analyysin tuloksista muodostettuihin tavoitteisiin.

Tuotantoprosessien työskentelyalustat tarvitsevat jatkuvaa kehittämistä ja arviointimenetelmien avulla voidaan yhdistää erilaisia osapuolia jakamaan näkökulmiaan. Työn helpottamiseksi voidaan yhdessä keksiä ratkaisuja, joita ennakointi ja suunnittelu ei pystyisi tuottamaan. Tilojen jatkuva kehittäminen on osa laatutyötä.

5 TEOLLISUUSTILAT JA VISUALISOINTI

Leena Aalto, Aalto-yliopisto

Seppo Enbom, Kaj Helin ja Juhani Viitaniemi, VTT

- Mitä tarkoitetaan visualisoinnilla teollisuustilojen suunnittelussa?
- Millainen on visualisointiprosessi?
- Mitä hyötyjä saavutetaan visualisoinnilla?

Visualisointi tarkoittaa jonkin asian tekemistä havainnolliseksi näköaistille. Visualisoinnissa on oleellista ihmisen sisäisten mallien muodostumisen tukeminen. Visualisointi voidaan määritellä yleisemmin tarkoittamaan mitä tahansa tiedon esittämistä ihmisen omaa ymmärrystä tukemaan muotoon.

Teollisuuskohteissa visualisointia voidaan käyttää useisiin eri tarkoituksiin. Tiloissa visualisointiratkaisuilla autetaan jäsentämään tilaa ja selkeyttämään siellä tapahtuvia toimintoja. Visualisointiratkaisuja ovat mm. ohjaus- ja tunnistevärien, valojen ja erilaisten materiaalien käyttö.

Tuotantorakennuksen tai -prosessin suunnittelun visualisoinnissa voidaan käyttää erilaisia menetelmiä. Tällaisia ovat valokuvat, erilaiset piirrokset, 2D-suunnitelmat, tutustumiskäynnit, videot, pienoismallit ja mallitilat oikeassa koossa. Nykyisin suunnitteluprosessissa käytetään yleistävässä määrin tietoteknistä kuvantamista, tietomalleja, simulointia ja animointia.

Visualisoinnin termeistä

Tietomallintaminen (Building Information Model, BIM) on kokonaisvaltainen tapa hallita rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisia tietoja digitaalisessa muodossa. Tietomalliin liittyy myös rakennuksen geometrian määrittäminen ja esittäminen kolmiulotteisesti havainnollisuuden ja erilaisten simulointitarpeiden vuoksi.

Simuloinnilla tarkoitetaan todellisuutta vastaavan mallin toteutusta ja mallin käyttöä todellisuutta vastaavien tapahtuvien ilmiöiden analysointiin. Tyypillisesti simulointia käytetään esim. teollisen tuotteen tuotannon eri vaihtoehtojen tehokkuuden määrittäisiin. (fyysisten toimintojen ja tapahtumien tietokoneavusteista kuvaamista/matkimista matemaattista mallia hyödyn-täen)

Animointimallinnus muistuttaa simulointia, mutta on pikemminkin simuloinnin tulosten visuaalista, elokuvan kaltaista esittämistä. Siitä puuttuu tarkka fysikaalinen, ajallinen tai muu vastaavuus todellisuuden kanssa. (tulosten visualisointia – ei laskentaa)

5.1 Visuaalinen mallinnus

Visuaalisen mallinnuksen käyttö on yleistynyt yhdyskuntien, rakennusten, tuotantojärjestelmien ja tuotteiden suunnittelussa. Arkkitehtonisen tai teknisen visualisoinnin avulla suunnitelman kohteesta saadaan todellisuutta vastaava kuva jo ennen kohteen rakentamista tai valmistamista. Tyypillisesti tietomallilla esitetään miltä rakennus näyttää ulko- tai sisäpuolelta katsottuna. Myös teollisuustilojen ja tuotantojärjestelmien suunnitteluun sovelletaan visuaalis-

ta mallinnusta. Viimeaikaisen kehityksen myötä yhä enenevässä määrin on ryhdytty käyttämään myös ihmisiä kuvaavia malleja (avatar eli tietokoneavusteisesti suunniteltu ihmismalli) tila- ja tuotantojärjestelmien visuaalisessa mallinnuksessa. Ihmismallien käytön tavoitteena on saada parempi käsitys mittasuhteista ja muodostaa realistisia katselunäkymiä.

Teollisuuskohteiden tila- ja tuotantojärjestelmien suunnittelussa hyödynnetään tyypillisesti 3D- tai 2D-malleja. Materiaalivirrat ja prosessikaaviot esitetään yleisesti 2D-malleina. Suunnitelmien tarkastelu perustuu usein paperitulosteisiin, joiden perusteella on vaikeaa saada kohdeesta konkreettista, realistista käsitystä erilaisten tulkinnallisten ongelmien johdosta. Perinteisten 3D- tai 2D-mallien perusteella on etenkin muiden kuin suunnittelijataustan omaavien henkilöiden vaikea arvioida mahdollisia tuotannon, tuotantotilojen ja henkilökunnan toiminnan yhteensovitusongelmia.

Teollisuuskohteiden suunnitelmien pohjalta voidaan tehdä myös konkreettisempi ja visuaalisempi 3D-malli ja tarkastella sen avulla suunnitelman kohdetta kokonaisuutena tai yksityiskohtaisemmin. Tyypillisesti kokonaisuuden tarkastelun lähtökohtana voi olla tuotannon eri toimintojen sijoittuminen suhteessa toisiinsa, tilaan ja aikaan. Yksityiskohtaisten tarkastelujen keinoin voidaan tarkastella tuotannon ja tilan toimivuutta esim. työntekijän, työolosuhteiden tai tuotantoon liittyvien kriittisten siirtojen näkökulmasta.

Visuaalinen tilamalli voi olla joko staattinen tai dynaaminen. Tyypillinen 3D-CAD-malli edustaa staattista tilamallia. Staattisen tilamallin siirtäminen visualisointiympäristöön (simulointi-, animointi- ja virtuaaliympäristö) mahdollistaa uuden, visuaalisen tavan tarkastella tilaa ja sen riippuvuussuhteita sekä löytää tilan toimivuuteen liittyviä kriittisiä tekijöitä riittävän ajoissa staattisen tilamallin muunnoksilla.

Dynaamiseen tilamalliin (4D=3D-geometria+aika) voi sisältyä aikariippuvia tekijöitä sekä erilaisia riippuvuussuhteita tuotantovälineiden, -prosessien ja henkilöiden toimintaan. Tuotannon toiminnallisuuden lisäämisellä mallinnuksessa painottuu enemmän tuotannon simulointi kuin tila- tai käyttäjänäkökulma. Tuotannon simuloinnissa ei tyypillisesti oteta huomioon tilan vaikutusta, vaan keskitytään tuotannon sisäisiin tekijöihin.

Lisäämällä tilamalliin tuotannon ja työntekijöiden mallit voidaan mallintaa työntekoa entistä realistisemmin ja analysoida työntekoa yhdessä tuotannon kanssa realistisesti. Myös työntekijän kuormittumista eri tuotanto/tila -vaihtoehtoilla voidaan analysoida virtuaaliympäristössä.

5.1.1 Teollisuuden tuotannon ja tuotantotilan visualisointi-prosessi

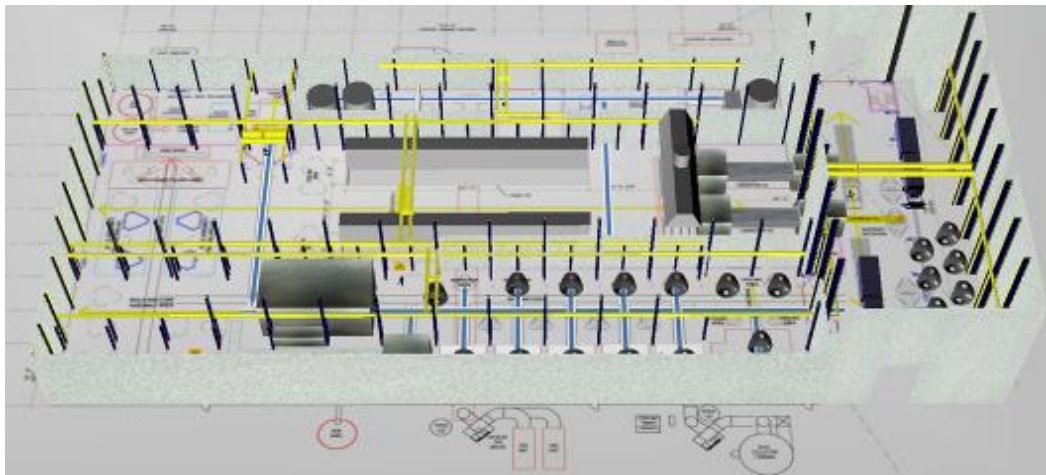
Teollisuuskohteen visualisointiprosessin pää tavoitteena ei ole pyrkiä esittämään, miltä lopullinen kohde näyttää, vaan tukea suunnitteluprosessia niin, että lopullinen suunnitelma täyttää mahdollisimman hyvin asetetut tavoitteet. Visualisointiprosessiin sisältyy useita vaiheita:

- Visuaalisen tilamallin laadinta
- Osallistuvan suunnittelun aloitusistunto
- Visuaalisen tilamallin täydentämisvaiheet ja erilaisten simulointien, laskelmien ja mittaus-ten tulosten lisääminen tilamalliin
- Osallistuvan suunnittelun jatkoistunnot ja katselmoinnit
- Hyväksymisistunto

Ensimmäisessä vaiheessa laaditaan saatavilla olevasta lähtöaineistoista alustava visuaalinen tilamalli hyödyntäen mahdollisimman paljon olemassa olevia 3D-CAD-malleja. Alustavan mallin laadinnan jälkeen seuraavina vaiheina ovat kehittämisen aloitusistunto, tilamallin täydentäminen ja kehitysistunnot (ryhmätyöskentelyt 5 - 8 henkilöä), joissa arvioidaan virtuaalisen tilamallin avulla tuotantotilaa, tuotantoprosessia ja niiden välistä toimivuutta eri näkökulmista (esim. tila-, prosessi- tai työntekijänäkökulma). Kehitysryhmätyöskentelyn tuotokset riippuvat siihen osallistuvien henkilöiden taustoista. Tästä syystä kehitysryhmään on syytä osallistua tarkastelukohteen tila- ja tuotantosuunnitteluhenkilöiden ohella tuotantohenkilöstöä.

Kehitysistunto aloitetaan tyypillisesti koko tuotantoprosessin/tilan osalta käymällä läpi tuotannon ja tuotantoympäristön sanallista kuvausta hyödyntämällä tuotantotilan ja -prosessin 3D -suunnitelmaa. Tuotosten perusteella käydään tarkemmin läpi tuotantoprosessia ja sen eri vaiheiden sijoittumista tilaan. Myös materiaalien siirtoreitit ja -tavat ovat tyypillisesti tarkastelun kohteena. Myös prosessin aputoimintojen tilanvaraukset (esim. ilmastointi) voidaan ottaa huomioon. Esimerkkejä kehitysistunnoissa käytetyistä kokonaisten teollisuuskohteiden virtuaalimalleista on kuvassa 9.

Yksityiskohtaisemmat tarkastelut voidaan kohdistaa tuotannon kriittisiin vaiheisiin tai laajenemismahdollisuuksiin. Niitä ovat monikäyttöisyys, työntekijän, huoltohenkilöiden ja palveluntuottajien jne. näkökulmat. Virtuaalimallissa näkymiä voidaan tarkastella esimerkiksi työntekijän näkökulmasta.



Kuva 9. Esimerkkikuva valimon tuotantojärjestelmän ja -tilojen visuaalisesta tilamallista.

5.1.2 Visuaalisen mallinnuksen hyöty- ja kustannusnäkökohtia

Visualisoinnilla saatetaan erilaiset ja usein monimutkaiset suunnitelmat helpommin ymmärrettävään muotoon. Visualisointia voidaan hyödyntää teollisten järjestelmien, tilojen ja tuotteiden elinkaarien (suunnittelutaso, päättäjätaso, käyttöönotto ja käyttövaihe sekä käytöstä poisto) eri vaiheissa erilaisiin käyttäjien tarpeisiin (päättäjät, suunnittelijat, työntekijät, huoltohenkilöt, palveluntuottajat jne.). Visualisointi on kommunikoinnin apuväline, joka tehostaa kommunikoinnin vuorovaikutusta ja tiedon välittymistä muuttumattomana, jolloin kaikille osapuolille muodostuu sama käsitys käsiteltävästä asiasta.

Suunnitteluvaiheessa visualisointi edesauttaa suunnitteluun osallistuvien eri osapuolien yhteisen näkemyksen muodostumista suunnittelun kohteesta. Parhaiten visualisointia voidaan hyödyntää, jos suunnitteluun sisältyy myös eri osapuolien ryhmätyövaiheita, joissa suunnittelutyötä tehdään osallistuvan suunnittelun periaattein. Näissä vaiheissa visualisoinnilla voidaan eri osapuolien näkemykset saada kaikkien osapuolien kannalta tarkasteltuna paremmin ymmärrettävään muotoon. Tällä periaatteella saatu lopputulos on kehittyneempi ja vähemmän muutostarpeita sisältävä ratkaisu kuin perinteisillä suunnittelutavoilla saatu ratkaisu.

Esiteltäessä suunnitelmaa päättäjätasolle visuaalisen tilamallin avulla voi päättäjätaso saada lisävalaistusta perinteisten suunnitteluasiakirjojen ohella ja näin päättäjät saa nopeasti kokonaiskäsityksen kohteesta ja sen hyödyistä. Tämä nopeuttaa päätöksentekoa ja lyhentää myös mahdollisen investoinnin aikataulua.

Suunnittelun ohella visualisointia voidaan hyödyntää tilan tai järjestelmän rakennusvaiheessa, muutostilanteissa, käyttöön otettaessa ja käyttövaiheessa mm. työntekijöiden koulutuksessa, palo- ja pelastussuunnittelussa, yritysesityksissä sekä tavarantoimittajien ja huoltohenkilökunnan opastuksessa. Tehtyjä visualisointimalleja voidaan hyödyntää myös erilaisissa markkinointitarkoituksissa.

Visuaalisen mallinnuksen kustannukset

Visualisoinnin kustannukset riippuvat voimakkaasti siitä, kuinka yksityiskohtaiseen tarkasteluun pyritään, miten kattava on lähtöaineiston laatu ja missä muodossa aineisto annetaan. Yleensä lähtöaineistona on käytettävissä luonnostasoiset teollisuuskohteen tila- ja prosessisuunnitelmat myös CAD-muodossa. Tällöin tarvittava valmistelu voidaan tehdä nopeasti ja pääosa työmäärästä ja kustannuksista muodostuu katselmointi- ja kehitysstunnoista ja niiden vaatimista jälkitoimenpiteistä. On suositeltavaa, että istuntoja on muutama, tyypillisesti vähintään 3. Keskimääräisen tuotantotilan visualisointi tuotantolaitteineen edellyttää muutamasta päivästä, viikkojen jopa kuukausienkin työpanosta ja vastaavasti se vaatii myös kohteen edustajien työpanoksen. Työpanoksen määrä riippuu katselmointiin ja kehittämiseen vaadittavien eri asiantuntemusten ja osallistujien lukumäärästä.

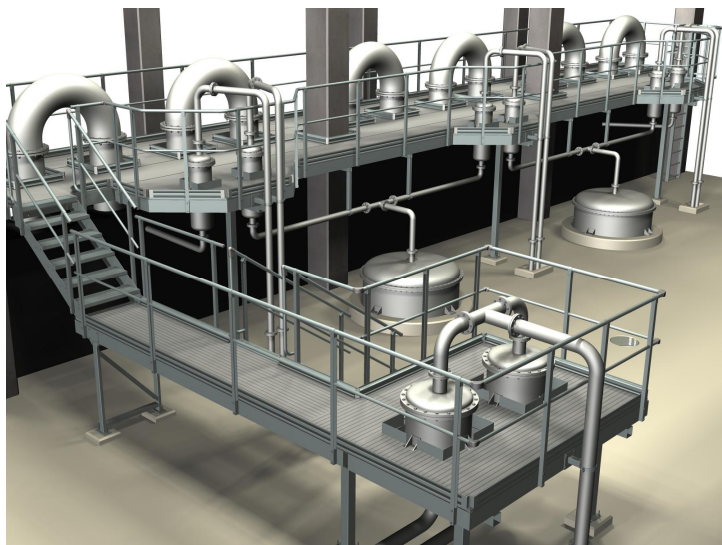
5.1.3 Teollisuuskohteen suunnittelu virtuaaliympäristössä

Visualisoinnilla voidaan tukea erilaisia suunnitteluprosesseja luonnosvaiheesta lopulliseen suunnitteluvaiheeseen asti ja mm. työntekijöiden koulutusta. Visualisoinnin lähtömateriaalina on usein kohteen tuotannon sanallinen kuvaus, kuvamateriaalit, kaaviot sekä 3D-suunnitelmat (esim. CAD -tiedostona), sisältäen mm. tilat ja tuotantolaitteet.

Lähtömateriaalista laaditaan yksinkertaistettu visuaalinen 3D-tilamalli erilaisiin tietokoneavusteisiin simulointi- ja analysointiympäristöihin. Ne tyypillisesti käsittävät visualisointiohjelman, tehokkaan tietokoneen, erilaisten visuaalisten vaikutelmien vaatimusten mukaiset näytöt ja katseluvälineet (3D-lasit). Tuotemerkkejä ovat mm. ArchiCad, MagiCad ja VirTools.

Virtuaaliympäristö sisältäen mm. tietokoneita, tasonäyttöjä (piirustusten 2D/3D-tarkastelu) ja 3D-näyttöjä sekä osallistuvan suunnittelun tilan virtuaaliympäristön välittömässä läheisyydessä. Virtuaaliympäristön yhteydessä käytetään lisäksi 3D-laseja autenttisen tilavaikutelman saavuttamiseksi. Lisäksi järjestelmässä on tarkastelijan paikannusjärjestelmä, jonka avulla yleisnäkymän sijasta voidaan valita ko. tarkastelijan näkemä näkymä. Järjestelmään on lisätty myös audiojärjestelmä, jolla voidaan simuloida esim. tuotannon työkierron aiheuttamaa äänimaisemaa.

Virtuaalista suunnittelua voidaan tehdä myös mm. kulkuteiden osalta suoraan yritysten www-sivujen kautta (kuva 10)



Kuva 10. Turvallisten kulkuteiden suunnittelu tehdasympäristöön voidaan toteuttaa virtuaaliympäristössä R-tason kehittämän suunnittelujärjestelmän avulla. Kuva: R-taso Oy.

5.1.4 Visuaalisen mallinnuksen muutosajurit

Visualisoinnin tehokas hyödyntäminen edellyttää, että sen avulla voidaan esim. kehitysistuntojen yhteydessä interaktiivisesti ja nopeasti havainnollistaa ja analysoida suunnittelukohteen tilanne ja mahdollisten muutosten vaikutukset. InduSpace -hankkeessa visualisoinnilla on havainnollistettu tarkastelukohteiden tilojen ja tuotantolaitteiden sijoittelun muutoksien vaikutuksia. Tilajärjestelyiden ja tuotantolaitteiden muutokset visualisointijärjestelmään voidaan tehdä nopeasti, joten kehitysistunnon yhteydessä voidaan nykyisin järjestelyin tarkastella useita vaihtoehtoja ja arvioida niiden käyttökelpoisuutta pohjautuen istuntoon osallistuvien henkilöiden asiantuntemukseen. Periaatteessa myös käytettävyysskävelyä (luku 4.6) voidaan tehdä hankkeessa käytetyssä virtuaaliympäristössä.

Teollisuustilojen toimivuuden analysointi edellyttää myös tietoa vallitsevista olosuhteista (lämpötila, ilman laatu, ääniympäristö jne.). Toistaiseksi näiden olosuhdetietojen ajantasainen generointi visualisointiympäristössä tapahtuvien kehitysistuntojen yhteydessä ei ole mahdollista, koska tietokoneiden suorituskyky sekä sovellusten monipuolisuus ja yhteensopivuus evät vielä riitä ko. tehtävään. Tästä syystä olosuhdetiedot joudutaan nykyään määrittämään erillislaskentana (esim. lämpöolot ja epäpuhtausjakaumat virtauslaskennalla) ja lisäämään erillislaskennan tiedot visualisointiympäristöön erillistoimenpitein.

Tulevaisuuden tehdassuunnittelun kehittymisen myötä on mahdollista, että sama suunnittelujärjestelmä tuottaa kohteesta visuaalisen kuvauksen olosuhdekuvauksineen niin tehokkaasti, että suunnitteluistuntojen yhteydessä voidaan varioida interaktiivisesti useita erilaisia vaihtoehtoja. Suunnittelujärjestelmän tulisi tuottaa tietoa myös eri vaihtoehtojen kustannuksista

(investointi, käyttö, viihtyisyys, työteho, energia jne.), jotta eri vaihtoehtoista voidaan valita edullisin.

Prosessien kehittämisessä käytettävyyks on mukana suunnittelusta päätöksen tekoon. Prosessien suunnittelun lisäksi näkökulmat siihen, miten eri käyttäjäryhmät tulevat toimimaan kokonaisuuden osana ovat ajureita investointipäätökselle. InduSpace-konseptin tietopaketti ohjaa eri vaiheissa ja visualisoinnin avulla voidaan hahmottaa eri vaihtoehtojen toimivuutta.

Kiinteistöjohtamisen tulee olla mukana suunnittelussa ja päätöksenteossa keskittyen prosessin alustan tarjoamisen lisäksi myös pitemmän ajan tilan käyttöskenaarioihin. Prosessien vaatimat muutokset toimitiloissa tulee tehdä ennakoiden tulevia muutoksia.

Suunnittelussa eri vaihtoehtojen visualisointi ja simulointi ovat apuvälineitä, joilla päästään toimivaan lopputulokseen. Eri vaihtoehdot tulee perustella toisaalta prosessin toimivuuden, toisaalta eri käyttäjäryhmien vaivattoman toiminnan näkökulmista.

6 TEOLLISET TYÖYMPÄRISTÖT JA TYÖOLOSUHTEET

Arto Säämänen, Mika Nyberg, Raimo Niemelä, Tarja Mäkelä ja Rauno Pääkkönen, Työterveyslaitos

Seppo Enbom, VTT

Leena Aalto, Aalto-yliopisto

- Mistä koostuu terveellinen ja turvallinen teollinen tila?
- Millainen on hyvä sisäilmasto teollisissa tiloissa?
- Miten ergonomia saadaan toimimaan?
- Miten värien käyttö voi helpottaa turvallisuutta ja tilassa liikkumista?

Teollisten tilojen koko elinkaaren aikana tulee ottaa huomioon työympäristöön ja työolosuhteisiin vaikuttavat tekijät. Näitä ovat mm. työturvallisuus, ergonomia, melu, kemikaalien käsittely ja prosessipäästöt, lämpöolosuhteet, säteilyt, valaistus jne. Vähimmillään kyseeseen tulee ilmeisten terveysvaarojen, tapaturma- ja sairastumisriskien huomaaminen ja eliminointi. Tämä yleensä saavutetaan noudattamalla lakisääteisiä normeja, kuten työturvallisuuslainsäädäntöä, rakentamiseen liittyvää säännöstöä ja ohjeistusta sekä niihin liittyviä standardeja.

Työympäristöllä ja työolosuhteilla voidaan merkittävästi vaikuttaa työhyvinvointiin ja sitä kautta tuottavuuteen. Tällöin näkökulmiksi nousevat esimerkiksi haittatekijöiden minimointi (veto, heikko valaistus, melu) ja lopulta viihtyvyystekijöiden optimointi (säädettävät olosuhteet). Tavoiteltavan työympäristön taso määritellään esim. muutosprojektin tavoitteita asetettaessa.

Työympäristöjohtaminen on uusi toimintamalli, jolla tarkoitetaan yrityksen strategian toteuttamista työympäristöresurssien avulla. Työympäristöjohtamisessa tavoitteena on yhdistää yrityksen eri osa-alueiden osaaminen työympäristön kehittämiseen. Työympäristöjohtamista toteutetaan osana tilasuunnitteluprosesseja, mutta näkökulma on tällöin laajempi kuin perinteisesti on totuttu. Käytettävyystavoitteet edistävät työympäristöjohtamisen tavoitteiden saavuttamista. Työympäristöjohtamiselle asetetaan tavoitteet ja seurantamittarit, jotka voivat liittyä mm. tilatehokkuuteen, käyttöasteeseen, energian käyttöön ja hiilijalanjälkeen.

6.1 Tavoitetasot

Työympäristölle on määriteltävä selkeät tavoitetasot, joihin pyritään. Tavoitetasolla ymmärretään siis lakisääteistä tasoa parempaa työympäristöä. Tavoitetasoja voidaan määrittää kaikille työympäristön osatekijöille. Käyttövaiheen muutostarpeita torjutaan ennakoimalla, kun työympäristön tavoitetasot asetetaan minimitasoja tiukemmiksi.

Tavoitetasot asetetaan realistiselle tasolle siten, että ne voidaan saavuttaa kehittyneitä teknologioita ja hyvää työympäristöjohtamista käyttäen. Ajatuksena on, että esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmien toimittajat takaavat sen, että tuotannon päästöt ja muut ominaisuudet huomioidaan toteutuksessa päästään ilman epäpuhtauksissa, lämpöoloissa ja energiakulutuksessa suunniteltuihin arvoihin.

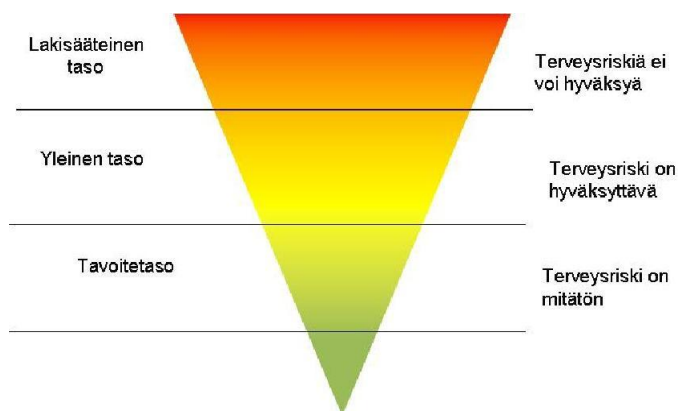
Työympäristön tavoitetasolla tarkoitetaan kemiallisten, fysikaalisten ja biologisten tekijöiden tai muiden työympäristöön liittyvien muuttujien arvojen avulla tapahtuvaa tavoitetilän määrittelyä. Jotta huonon työympäristön aiheuttamilta menetyksiltä vältytään ja toisaalta hyvän työympäristön tuomat positiiviset vaikutukset saadaan hyödynnettyä, on jo suunnittelu- ja korjausvaiheessa pyrittävä mahdollisimman hyvään työympäristöön.

Työhygieeniset tavoitetasot

Teollisten työympäristöjen tavoitteiden asettamisen helpottamiseksi Työterveyslaitoksessa on kehitetty systematiikka tavoitetasojen määrittämiseksi. Laaditut tavoitetasot ovat teollisuudenala tai työtehtäväkohtaisia työympäristön haittatekijöiden arvoja, joihin työolosuhteita kehitettäessä kannattaa pyrkiä. Ne perustuvat ko. alalla tai työtehtävässä todettuihin parhaimpiin työympäristön hallintateknikiin.

Tavoitetasot muodostavat kolmiportaisen asteikon (kuva 11):

1. lainsäädännöllinen taso (esim. kemikaalien kohdalla HTP-taso)
2. yleinen taso (taso, jossa terveysriskit ovat olemattomat ja minimaaliset, mutta joka ei vielä välttämättä ole optimaalinen viihtyvyyden ja hyvinvoinnin kannalta)
3. tavoitetaso eli taso, jolla terveysriskien ja -haittojen ovat olemattomia/minimaaliset ja jonka lisäksi voidaan katsoa tukevan viihtyvyyttä, hyvinvointia ja siten myös tuottavuutta.



Kuva 11. Tavoitetasojen järjestely ja terveysriskin määrittely.

6.2 Lähtötason ja lopputuloksen arviointi

Lähtötason ja tavoitearvojen toteutumisen todentamiseen voidaan käyttää erilaisia työympäristöön liittyviä mittauksia. Lähtötason mittauksissa tavoitteena on selvittää työympäristön laatua heikentävät syytekijät. Tehtävänä on selvittää pääasialliset päästö- ja energialähteet, niiden muodostumiseen vaikuttavat tekijät sekä niiden leviäminen työympäristössä. Tyypillinen tavoitearvojen todentamistilanne on laitoksen vastaanottotarkastus.

Mittauskohteena on yleensä tavoitetasojen määrittelyvyöhyke ts. työskentelyvyöhyke. Määrittelyvyöhyke voi olla myös työskentelyvyöhykkeen rajattu osa, esimerkiksi paikallisen epäpuhtauslähteen tai työntekijän lähivyöhyke.

Esimerkiksi suuren tehdashallin tilavuudesta yleensä vain alaosa on työskentelyvyöhykettä. Tilan kokonaispäästöjen ja tavoitetasojen avulla arvioidaan tarvittavien hallintatoimenpiteiden tehokkuus. Yleensä päädytään iterointiprosessiin, jossa joudutaan muuttamaan prosessiparametreja, kotelointeja ja lay-out -järjestelyjä tavoitetasojen täyttämiseksi. Mallinnus- ja simulointitekniikat ovat tässä tehokkaita apuvälineitä. Niiden tulosten visualisoinneilla voidaan havainnollisesti esittää työympäristösuureiden arvot kolmiulotteisesti.

6.3 Työturvallisuus

Teollisuustilojen suunnittelussa otetaan huomioon sekä rakenteellinen turvallisuus, palo- ja toimitilaturvallisuus että työturvallisuus. Suunnittelun ammattilaisilla on hallussaan tilojen ja rakenteiden tekninen turvallisuus, mikä luo perusteet myös työturvallisuudelle. Suunnittelu- prosessiin vaaditaan yleensä erityisosaamista, kun suunnitelmissa otetaan lisäksi laajasti huomioon sekä tiloihin että tuotantoprosesseihin liittyvä työturvallisuus.

Työturvallisuus liittyy olennaisesti tilojen logistiikkaratkaisuihin, kuten eri liikennemuotoihin, -väyliin, nousuteihin, nostoihin ja siirtoihin. Ominaisuuksia ovat mm. koko, sijainti, risteykset ja kapasiteetti. Tilaratkaisuilla ja toimintojen sijoittamisella vaikutetaan olennaisesti logistiikan tarpeisiin ja työturvallisuuteen. Tiloihin olennaisesti liittyy putoamisturvallisuus, mikä täytyy ottaa huomioon mm. tilojen kunnossapidon suunnittelussa sekä nosto- ja siirtotöissä.

Kone- ja laiteturvallisuuden toteuttamiseen liittyy myös tilallisia ja rakenteellisia ratkaisuja. Vaara-alueelle pääsyn estäminen, hätäpoistuminen ja pelastaminen ratkaistaan tilallisin ja rakenteellisin keinoin. Tuotantoprosessin ohjaustoimintojen sijoituksessa on otettava huomioon turvallisuusnäkökulma sekä tuotannon että henkilöstön näkökulmasta

6.4 Ergonomia

Ergonomian kannalta tilasuunnittelun perustana on tilassa tapahtuva toiminta. Työskentely- ja liikkumistilojen järjestäminen tarkoituksenmukaiseksi edellyttää, että työ- tai toimintaprosessi tunnetaan. Varsinaisen tuotantotyön lisäksi on otettava huomioon monia muita asioita, kuten varastointi, jätehuolto, siivous, kunnossapito ja asiakkaiden vierailut.

Prosessin eri vaiheet toimintoihin ja teknisine ratkaisuihin vaativat oman tilansa. Toimintojen välillä on erilaisia yhteyksiä, esimerkiksi valmiit tuotteet siirretään pakkaamoon. Lisäksi toiminnot vaativat usein kiinteää yhteydenpitoa. Siksi toimintojen loogisen järjestyksen pitäisi yleensä näkyä myös fyysisessä sijoittamisessa.

Yksittäisen työpisteen tarkoituksenmukaisilla järjestelyillä ja mitoituksella vaikutetaan ratkaisevasti siinä tapahtuvan toiminnan sujumiseen ja tehokkuuteen. Työpisteen mitoitus perustuu toiminnan ja teknisten puitteiden analysointiin, asentojen ja liikkeiden optimointiin sekä käyttäjien kehonmittoihin. Työpiste pitäisi mitoittaa käyttäjän mittojen mukaan, se on joko kiinteä, yksittäisen käyttäjän mittojen mukaan mitoitettu tai säädettävä. Lähtökohtien määrittämiseksi on selvitettävä toimintakokonaisuus, työtehtävät ja käyttäjät.

6.5 Työhygienia

6.5.1 Melu

Melu on monivaikutteinen häirtatekijä. Liiallinen melu aiheuttaa muutoksia ihmisen kuulokyvyssä ja pahimmillaan meluvamman. Melu vaikeuttaa myös työssä tarvittavaa kommunikatiota ja on häiritsevää. Häiritsevyyden tiedetään puolestaan lisäävän työkuormitusta. Melulla ja äärinällä on myös yhteyksiä työtapaturmiin. Melu koetaan yleensä teollisuustyöpaikkojen suurimmaksi häirtatekijäksi.

Melunhallinta tulisi ottaa huomioon, kun prosesseja ja työtiloja suunnitellaan. Usein melutaso todetaan vasta prosessin käynnistämisen jälkeen, jolloin tilannetta on enää hankala korjata. Koneita ja laitteita hankittaessa koneiden melupäästöt kannattaa ottaa osaksi hankintaan vaikuttavia tekijöitä. Koneita hankkiessa niille voidaan asettaa melutakuuvaatimuksia.

Teollisuustiloissa melun syntymiseen ja leviämiseen voidaan vaikuttaa mm. tilan layout-suunnittelulla, rakenteellisilla ratkaisulla ja pintamateriaaleja valinnalla. Työtilan layoutia suunniteltaessa tulee meluisat tuotantovaiheet tunnistaa ja sijoittaa erilleen hiljaisista tuotantovaiheista. Mahdollisuuksien mukaan meluisat tuotantovaiheet tulisi koteloida tai osastoida. Meluisten tuotantovaiheiden tunnistamista helpottavat tiedot koneiden ja laitteiden melupäästöistä. Melun leviämiseen teollisuustiloissa voidaan vaikuttaa asentamalla pintoihin äänenvaimennusmateriaalia ja käyttämällä meluseinäkkeitä. Työntekijän meluallistumista voidaan vähentää myös rakentamalla prosessin ohjausta varten ohjaamoja tai valvomoita.

Teollisuusrakennusten erityyppisille tiloille voidaan asettaa erilaisia meluvaatimuksia. Teollisuustilavyöhykemenetelmän (luku 4.7) tuloksia voidaan edelleen tarkentaa melun osalta. Tilat voidaan jakaa esimerkiksi:

- miehittämättömiin teollisuustiloihin
- miehitettyihin teollisuustiloihin
- ohjaamoihin ja valvomoihin
- asiakaspalvelua sisältäviin teollisuustiloihin
- teollisuusrakennuksessa oleviin toimistotiloihin
- henkilöstötiloihin.

6.5.2 Ilman epäpuhtaudet ja ilmanvaihto

Tuotannossa käytettävät tai siinä syntyvät kemikaalit voivat aiheuttaa vaaraa terveydelle ja ympäristölle sekä niihin voi liittyä palo- ja räjähdysvaara. Kemikaalien käytöstä työpaikoilla voi aiheutua sairauksia, ammattitauteja, ihotauteja sekä muita työperäisiä sairauksia. Lisäksi ne voivat aiheuttaa erilaisia onnettomuuksia pienistä tapaturmista aina suuronnettomuuksiin. Työntekijöiden kemikaalialistuksen merkitykseen ja laajuuteen vaikuttavat kemikaalien käyttömäärät ja käyttötavat sekä tuotantoon ja käyttöön osallistuvien työntekijöiden lukumäärät.

Tuotantoprosesseista vapautuvien kemikaalien ja pölyjen huonontaman ilmanlaadun seuraukset näkyvät tuotannollisina häiriöinä ja työntekijöiden poissaoloina, sairauksina ja epäviihtyvytenä.

Teollisuustilan ilmanvaihdon tarkoituksena on hallita kemikaalien käytöstä tai prosessista ilmaan vapautuvien epäpuhtauksien pitoisuudet asetetuissa tavoitteissa, pitää lämpöolosuhteet

viihtyisinä sekä tilojen painesuhteet haluttuina. Suunnittelun alkuvaiheessa on selvítettävä sisäilmaa kuormittavat prosessit sekä arvioitava niiden aiheuttama kuorma ilmanvaihdon.

Prosessi- ja laitevalinnalla voidaan vaikuttaa teollisuustilan sisäilmaa kuormittavien päästöjen määrään. Koneita ja laitteita hankittaessa kannattaa asettaa vaatimuksia koneiden aiheuttamille ilmassa kulkeutuville päästöille.

Tilasuunnittelun avulla pyritään sisäilmaa merkittävästi kuormittavat tai sisäilmastolta erikoisvaatimuksia edellyttävät työvaiheet ja prosessi sijoittamaan omille alueilleen sekä erottamaan muusta toiminnasta. Erityisen kuormittavat prosessit ja laitteet on pyrittävä koteloidaan ja varustamaan kohdeilmanvaihdolla. Tilasuunnittelun avulla voidaan vaikuttaa myös teollisuushallin ilmatilan korkeuteen sekä epäpuhtauksien leviämiseen mm. välivöien ja kulkureittien kautta.

Ilman laadun tavoitteita asetettaessa tuotantotila voidaan jakaa erilaisiin määrittelyvyöhykkeisiin, joille määritellään erilaiset tavoitteet. Tärkeimpänä määrittelyvyöhykkeenä on työskentelyvyöhyke, eli alue, jos työntekijät oleskelevat. Tarpeen mukaan työskentelyvyöhykkeestä voidaan määrittelyvyöhykkeeksi valita rajattu osa, jolle tavoite asetetaan. Tavoitteita voidaan asettaa myös tilavyöhykkeille, joissa ihmiset eivät joudu oleskelemaan. Yleensä esim. suuren tehdashallin tilavuudesta vain alaosa on työskentelyvyöhykettä. Yläosan olosuhteilla tavoitteet voidaan määritellä rakenteellisista tarpeista lähtien.

6.5.3 Lämpöolosuhteet

Lämpöolosuhteiden tiedetään vaikuttavan lämpöviihtyvyyteen, työn kuormittavuuteen, fyysiseen ja henkiseen suoriutumiskykyyn ja terveyteen. Lämpöolosuhteet jaetaan ilmastollisin perustein kylmiin ja kuumiin työoloihin, sekä lämpöviihtyvyyalueeseen. Lämpöoloja suunniteltaessa on kiinnitettävä huomio eri työpisteissä tehtävien töiden luonteeseen ja niiden fyysiseen kuormittavuuteen.

Lämpöolosuhteista aiheutuvien haittojen hallinnan menetelmät kohdistetaan pääasiassa lämpölähteisiin ja ilmastointiin. Kuumissa olosuhteissa voidaan ilmastoinnilla vaikuttaa lähinnä kuumaan ilmaan ja kosteuteen. Lämpösäteilyn vähentämiseksi pyritään alentamaan säteilevien pintojen lämpötilaa ja emissiviteettiä tai lämmönlähde koteloidaan ja hukkalämpö otetaan talteen. Lämmönlähteen ja työntekijän väliin voidaan asentaa myös varjostimia estämään suoraa lämpösäteilyä.

Lämpöviihtyvyyalueella ongelmana on yleisimmin vetoisuus. Tilasuunnittelussa on erityisesti otettava huomioon isojen ovien sijainti suhteessa työpisteisiin. Ovilinjoilla esiintyy helposti ilmavirtauksia ja niiden aiheuttamaa vetoa. Vedon hallinnassa merkittävää ovat myös tuulensuojaiset oviaukot ja tontin luontaisten tuulensuojien hyödyntäminen. Tarvittaessa vetohaittojen ehkäisemiseen voidaan käyttää tuulikaappeja, oviverhoja ja/tai ovensuun ja ovilinjoiden tehokasta lämmitystä.

6.5.4 Valaistus

Valaistusolot vaikuttavat työntekijän työtehoon, turvallisuuteen, viihtyisyyteen ja työn laatuun. Puutteellisessa valaistuksessa suora tai välillinen tapaturmariski kasvaa. Valaistukseen ei ehkä aina kiinnitetä riittävästi huomiota, koska haitat eivät ilmene erityisinä tautitiloina,

selvinä oireina tai viihtyvyyden haittoina. Valaistuksen on kuitenkin havaittu vaikuttavan suoraan tuottavuuteen, joten hyvään valaistukseen kannattaa panostaa.

Työtehtävien erilaisuudesta johtuen työpaikan valaistukselle ei ole olemassa vakioratkaisuja. Valaistuksen suunnittelussa on tärkeää selvittää työn luonne ja sen asettamat vaatimukset näköaistille ja valaistukselle. Hyvän valaistukseen vaikuttavia tekijöitä ovat riittävä valaistusvoimakkuus, valaistuksen tasaisuus, sopivat luminanssierot, häikäisemättömyys sekä sopiva valaistuksen väri ja riittävät värintoisto-ominaisuudet.

6.5.5 Säteilyst

Säteilyst jaetaan ionisoivaan ja ionisoimattomaan säteilystyn. Ionisoivaa säteilystä voivat lähettää esimerkiksi röntgenlaitteet ja radioaktiivisia aineita sisältävät laitteet, kuten esim. pinnankorkeusmittarit ja paksuusmittarit. Lisäksi maaperästä tai porakaivovedestä voi työtilaan vapautua radonkaasua, joka lähettää alfasäteilystä.

Ionisoimattoman säteilystyn lajeja ovat esimerkiksi ultraviolettisäteilyst, lasersäteilyst, infrapunasäteilyst, mikroaaltosäteilyst sekä sähkö- ja magneettikentät. Laserlaitteiden luokitusjärjestelmissä käytetään numerointia 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B ja 4. Luokkaan 1 kuuluvat laitteet ovat käytännössä vaarattomia, kun taas luokkaan 4 kuuluvat laserit voivat aiheuttaa pahoja silmä- ja ihovammoja. Säteilysttilannetta selvitettäessä tulee pohtia käyttö, altistuminen, toimintataajuus, torjunta ja suojautuminen sekä lisäselvitystarve. Säteilystyn arviointi on yleensä asiantuntijoiden tehtävä.

6.6 Visuaalinen työympäristö ja orientoitavuus

Visuaalisuutta teollisuusympäristöön tuovat käytetyt värit, muodot, materiaalit ja valaistus. Värien käytön suunnittelussa on syytä ottaa huomioon värien standardimerkitykset (taulukko 3). Yleisten standardivärien lisäksi värejä voidaan käyttää ryhmittelemään ja korostamaan tiettyjä toimintoja ja asioita koodiväreillä. Korostusväreillä voidaan lisätä turvallisuutta ja orientoitavuutta teollisuustiloissa osoittamalla erottuvilla värillä mm. linjojen ylityspaikat, taasoerot, porraskaiteet ja -askelmat sekä liikkuvia osia/koneita. Myös jalan liikkumiseen käytetyt alueet tulee merkitä selvästi erottuviksi. Erilaisten varoituskylttien ulkonäköön, kokoon ja sijoittamiseen tulee kiinnittää huomiota, jotta ne erottuvat ympäristöstä ja niiden sisältämä informaatio tulee ymmärretyksi.

Taulukko 3. Värien standardimerkityksiä liittyen koneisiin ja henkilöihin. Lähde: Launis ja Lehtelä 2009.

| Väri | Kone | Henkilö |
|--------------------------|-------------------------|--|
| Punainen | Vaara, kielto | Hätätilanne |
| Keltainen | Varoitus, huomio | Epänormaali tila, vaatii toimenpiteitä |
| Vihreä | Turvallinen | Normaali |
| Sininen | Määräys, pakollinen | Esim. Odottaa toimenpiteitä |
| Valkoinen, harmaa, musta | Ei erityistä merkitystä | Ei erityistä merkitystä |

Visuaalinen informaatio

Toimivat opasteet ja informaatiotaulut itse tehdasalueella kuin myös lähestyttäessä aluetta ovat tärkeitä, kun halutaan varmistaa saavutettavuus. Riittävän aikainen opastus helpottaa etenkin ulkomaalaisia löytämään tehtaan portille ja siitä eteenpäin. Opasteiden tulee olla oikein sijoitettuja, ajan tasalla, selkeitä, riittävän suuria ja teksti mielellään myös käyttäjien tarvitsemilla kielillä, vähintään englanniksi.

Työssä käytettävät tavarat löytyvät helpommin, kun niille on sovitut paikat, jotka on merkitty tunnistevärillä, ja yhtenäisestä käytännöstä pidetään kiinni. Suurissa hallitiloissa voidaan värikoodeilla merkitä myös alueita, jolloin selkeytetään ja havainnollistetaan tuotteiden varastointia ja löytämistä (kuva 12). Värillä voidaan myös rajata työpisteitä visuaalisesti, jolloin isoon hallitilaan saadaan luotua työntekijöille ”omaa fyysistä tilaa”.



Kuva 12. Koodivärit ohjaavat teollisuustilassa ja helpottavat löytämään mm. tuotantoprosessin välineitä ja materiaaleja.

Imago ja viihtyisyys

Yrityksen imagoa voidaan tehokkaasti parantaa tai korostaa visuaalisin keinoin. Brändivärit ja logot lisäävät tunnettuutta ja parhaimmillaan parantavat myös yrityksen vetovoimaisuutta.

Väreillä ja valaistuksella voidaan lisätä tehdastilojen viihtyisyyttä. Valkoinen väri heijastaa valosta jopa 90 %. Värien käyttöä tulee suosia etenkin taukotiloissa, mutta myös tuotantotiloissa voidaan väreillä jäsentää ja luoda vaihtoehtoja monotoniselle työympäristölle.

Prosessien sujuvuuden kannalta työolosuhteet tulee pitää jatkuvasti turvallisina ja terveellisinä. Yhteinen toiminta työympäristön huolehtimisessa lisää turvallisuutta. Laatutyö ei ole ainoastaan tuotannon laatua vaan myös tuotanto-olosuhteiden laatua. Tue ja palkitse toimintatavasta, joka kantaa vastuuta yhteisestä ympäristöstä.

Kiinteistöjohtamisessa tulee keskittyä työympäristöjen tekemiseen – koneen ehdoilla ei välttämättä synny inhimillistä työympäristöä. Työtiloja voidaan luoda hyvinkin viihtyisiksi käyttämällä rohkeasti toimitilojen suosimia ratkaisuja vaihtoehtoisista toimistoympäristöistä. Läpinäkyvyys, erilaiset sisustusratkaisut, ergonomiset ja kekseliäät huonekalut – teollisissa tiloissa saa olla ilmettä.

Suunnittelussa tasolliset ratkaisut ovat oleellisia – onko työntekijöiden toimintakerros tuotantolinjojen ylä- vai alapuolella tai vieressä. Kuinka paljon tuotantoa voidaan eristää turvallisesti omille urilleen ja miten yksilöiden työpisteet voivat muodostaa yhteisöllisen, helposti hahmotettavan verkoston prosessien keskelle. Työpisteet tuotantotiloissa ja toimistotyyppiset tilat voivat muodostaa yhtenäisen visuaalisen kokonaisuuden, joka ei vahvista arvoasetelmaa vaan vahvistaa jokaisen yksilön ammatillista identiteettiä.

7 KIINTEISTÖJOHTAMINEN TEOLLISUUSTILOISSA

Tarja Mäkelä, TTL ja Anna-Liisa Sarasoja, Aalto-yliopisto

7.1 Teollisuuskiinteistöjen rooli

Rakennukset ovat Suomen olosuhteissa välttämätön osa tuotantoprosessia ja teollisuusyritykset omistavatkin merkittäviä kiinteistömassoja. Teollisuuskiinteistöjen tärkeitä ominaisuuksia ovat tuotannon ja työnteon mahdollistaminen, sekä turvallisuuden ja prosessin sujuvuuden varmistaminen.

Suomalaisten teollisuuskiinteistöjen ominaispiirteitä ovat korkea laatu ja turvallisuus sekä korkea tekninen varustetaso. Teollisuuskiinteistöjen rakenteet ja tekniset järjestelmät on pidettävä kunnossa tuotantoprosessin sujuvuuden varmistamiseksi. Suomalaisissa teollisuusyrityksissä arvostetaan ja pidetään tärkeänä kiinteistöjen kunnossapitoa.

Teollisuuskiinteistöllä voi olla erilaisia rooleja yrityksessä riippuen. Teollisuustila voidaan nähdä tuotantoprosessin osana, työympäristönä, imagon kohottajana tai rakenteellisena suojana koneille ja laitteille. Teollisuuskiinteistöllä on positiivinen imagovaikutus, kun ne ovat hyvin hoidettuja ja asianmukaisessa kunnossa. Kiinteistöt vaikuttavat osaltaan myös käsitykseen yrityksestä ja sen tuotteiden laadusta.

Globalisaation aiheuttama toimintaympäristön muutos, laajentuneet markkinat ja kiristynyt kilpailu ovat pakottaneet teollisuusyritykset keskittymään ydinliiketoimintaansa eli teollisiin tuotantoprosesseihin. Tällöin teollisuustila on kehittämiskohde vain tuotantoprosessin kautta.

Yrityksen ja tuotantoprosessin tarpeet sekä markkinat muuttuvat jatkuvasti, joten teollisuustilan on mukauduttava muutokseen mahdollisimman hyvin ja tehokkaasti. Teollisuuskiinteistö on perusluonteeltaan joustamaton, sillä rakennuksessa on monta rajoittavaa tekijää, kuten mm. tilojen koko ja muoto, rakenteiden kantavuus ja nosturikapasiteetti. Teollisuustilan muuntojoustavuuden lähtökohtana on näiden rajoittavien tekijöiden vaikutusten pienentäminen rakennusta suunniteltaessa.

Teollisuuskiinteistö on yrityksille myös taloudellisessa mielessä hyvin joustamaton. Niihin on sitoutunut paljon pääomia ja ne muodostavat merkittävän osan yritysten taseista. Teollisuuskiinteistöjen markkinat ovat Suomessa hyvin ohuet ja käytännössä yritysten erityistarpeisiin suunnitellut massiiviset teollisuuskiinteistöt ovat aina yritysten omassa omistuksessa. Kiinteistösijoittavat eivät ole tyypillisesti nähneet teollisuuskiinteistöjä houkuttelevina sijoituskohteina korkeiden riskien takia.

Käyttäjätasolla teollisuuskiinteistö nähdään työympäristönä, jolloin esille nousevat turvallisuuteen, laatuun, sisäilmastoon ja viihtyvyyteen vaikuttavat tekijät. Yleinen viihtyvyys parantaa myös työntekijöiden viihtyvyyttä ja tätä kautta työn tuottavuutta. Teollisuustilojen hyviä työolosuhteita kuvaavat tilojen toimivuus, tehokkuus, tilavuus, tarkoituksenmukaisuus, puhtaus, siisteys ja järjestys.

7.2 Kiinteistöjohtaminen

Kiinteistöjohtamisen roolina on tukea ja palvella teollisuusyritysten ydinliiketoimintaa. Kiinteistöjohtamisen tärkein tehtävä on liiketoimintayksiköiden tukeminen ja niiden tilatarpeiden tyydyttäminen. Teollisuusyritysten kiinteistöjohtamisen nykytaso on kuitenkin vaihtelevaa yritysten välillä ja sisältää hyödyntämispotentiaalia.

Tyypillisesti kiinteistöjohtamisen tehtävät jakautuvat konserni- ja paikallistasolle. Konsernitason tehtävät ovat hallinnollisia ja strategisia. Kiinteistöjohtamisen paikallistasolla hoidetaan operatiiviset, toimitiloihin, kiinteistön ylläpitoon ja projektinjohtoon liittyvät tehtävät, jotka palvelevat käyttäjiä ja tuotantoprosessia. Kiinteistöjohtamisen strateginen ja ennakoiva luonne ei paikallistasolla monesti kuitenkaan näy ja konsernitason luodut strategiat ja toimintamallit eivät toteudu.

Yrityksissä tiedostetaan kiinteistöjohtamisen tärkeys yrityksen liiketoiminnalle ja siihen kiinnitetään huomiota. Kiinteistöjohtamista ei siitä huolimatta hyödynnetä riittävällä laajuudella yrityksen ydintoiminnan ja kasvun tukemisessa. Kiinteistöt nähdään perinteisesti kustannusten aiheuttajana ja välttämättömyytenä, mikä rajoittaa kiinteistöjohtamisen kehittymistä ja hyödyntämistä yrityksissä.

Kiinteistöihin liittyvä viestintä on tärkeä osa teollisuusyrityksen kiinteistöjohtamista. Viestinnässä on tärkeää tiedon oikea sisältö, ajoitus ja kohdistus. Viestinnässä keskeisiä yhteistyötahoja ovat yritysjohto, liiketoimintayksiköt sekä kiinteistöjen käyttäjät. Kiinteistöjohtoon tulee tuntee hallinnassaan olevat kiinteistöt sekä niihin liittyvä tarpeet, jotta se pystyy hyödyntämään tietoa palvellessaan liiketoimintayksiköitä. Teollisuusyritysten pitkäaikaisilla työntekijöillä ja yksiköillä on paljon ns. hiljaista tietoa kiinteistöistä, mikä on hyvä saada käyttöön.

Tuotantoprosessi on teollisuusyrityksen kiinteistöjohtamista vahvasti ohjaava tekijä ja kiinteistöihin liittyvää toimintaa suunnitellaan nyt ja jatkossakin vahvasti tuotantoprosessin kautta.

7.3 Kiinteistöjohtamisen lisäarvo

Perinteisesti kiinteistöjohtamisen lisäarvo nähdään kustannusten alentamisen kautta, mutta lisäarvoa voidaan luoda myös muuten. Kiinteistöjohtamisen lisäarvomahdollisuudet tiedostetaan, mutta teollisuusyritykset eivät ole täysin hyödyntäneet lisäarvomahdollisuuksia operatiivisessa toiminnassaan.

Strategisen kiinteistöjohtamisen lisäarvo teollisuuskiinteistöissä sidosryhmien näkökulmasta syntyy yritystasolla tukemalla tuotantoprosessia, turvaamalla jatkuvuuden ja tukemalla yrityksen brändiä. Näiden tavoitteiden saavuttamisessa tehokkaimmat kiinteistöjohtamisen strategiat ovat ympäristövaikutusten pienentäminen, työntekijätyytyväisyyden parantaminen, kustannusten hallinta ja työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden edistäminen. Nämä strategiat tulisi ottaa huomioon organisoidessa teollisuuden kiinteistöjohtamista.

Kiinteistöjohtamisen lisäarvon hyödyntämisen edellytyksenä on, että kiinteistöjohtamisen strategian muodostamisessa otetaan huomioon koko yrityksen toimintastrategia. Teollisuusyrityksessä tulee määritellä kiinteistöjohtamisen tavoitteet ja se miten ne tukevat ydinliiketoimintaa sekä tunnistaa tavoitteiden menestystekijät.

Kiinteistöjohtamisen lisäarvomalli helpottaa kiinteistönjohtoyksikön operatiivista toimintaa, mutta tarvitaan myös mittaristo, jonka avulla voidaan mitata suorituskykyä. Lisäarvoteki-

jät voidaan jakaa esimerkiksi tasapainotetun mittariston (Balanced Scorecard) mukaisesti neljään näkökulmaan:

- Taloudellinen näkökulma
 - Tuottavuuden parantaminen
 - Kustannusten hallinta
- Asiakasnäkökulma
 - Työntekijätyytyväisyyden parantaminen
 - Työntekijäturvallisuuden parantaminen
- Prosessinäkökulma
 - Ympäristövaikutusten vähentäminen
 - Vuorovaikutuksen tukeminen
 - Riskien hallinta
- Oppimisen ja kehittymisen näkökulma
 - Taloudellinen ja sosiaalinen kestävyys
 - Brändin toteuttaminen

Kiinteistöjohtamisen lisäarvomalli helpottaa kiinteistöjohtoyksikön operatiivista toimintaa, mutta tarvitaan myös mittaristo, jonka avulla voidaan mitata suorituskkyä. Perinteisesti kiinteistöjohtamisen suorituskkyä on mitattu taloudellisilla, indikaattorityyppisillä mittareilla, jotka eivät välttämättä anna kattavaa kokonaiskuvaa suorituskyvystä, vaan keskittyvät ainoastaan taloudellisen näkökulman mittaamiseen. Tällaisilla taloudellisilla mittareilla on myös hyvät puolensa. Niistä on vuosien käyttökokemus, laskentaperiaatteet ovat vakiintuneita ja mittareiden arvot ovat vertailtavissa organisaation ulkopuolellakin.

Prosessien kehittämisessä on tärkeää työskennellä yhdessä kiinteistöjohtamisen kanssa, jotta yrityksen ja kiinteistöjohtamisen strategia ovat samansuuntaisia. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi voidaan asettaa mittareita, jotka tuovat esiin niin taloudellisia kuin muitakin lisäarvotekijöitä

Kiinteistöjohtamisen on otettava aloite käytettävyyden kehittämisessä, koska se kuuluu monesti ns. ei kenenkään maalle. Käytettävyyden kehittäminen on hyvä tapa keskustella työn ja toiminnan tavoitteista ja siitä, miten teollisuustila voi niitä tukea. Tilan kehittämisestä lähtevä aloite on myös positiivinen motiivi toiminnan kehittämiseksi.

Kiinteistöjohtamisessa kyky lisäarvon tuottamiseen on kokonaisuus, jossa taloudellisten mittarien lisäksi on hyvä määrittää mittareita, jotka liittyvät teollisuustilojen imagoon, tuottavuuteen, kestäväan kehitykseen sekä tuleviin kehittymishaasteisiin.

8 TULEVAISUUDEN TEOLLISUUSTILA

Suvi Nenonen ja Leena Aalto, Aalto-yliopisto

Arto Säämänen, Työterveyslaitos

- Mitä skenaarioita tulevaisuus tuo tullessaan?
- Millaisista tulevaisuuksista voidaan palata tähän hetkeen?
- Mitä eri skenaariot voivat antaa vihjeeksi tämän hetken teollisten tilojen suunnittelulle ja käytölle?

Tulevaisuuden teollisuustila on attraktiivinen, läpinäkyvä ja vuorovaikutteinen. Tuotteiden elinkaarten lyhentyessä, tuotannon tehostuessa tai laajentuessa ja prosessien jatkuvasti muuttuessa korostuu teollisuustilojen joustavuus ja muuntumiskyky. Erityisesti, jos tilat siirtyvät uusien toimijoiden käyttöön tai tilat muutetaan kokonaan uutta käyttötarkoitusta varten, vaaditaan tiloilta joustavuutta.

Käynnissä oleva suuri teknis-taloudellinen murros muuttaa sekä tuotannon rakenteita että tapaamme tehdä työtä tulevaisuudessa. Nämä muutokset asettavat myös uusia haasteita teollisuustilojen suunnittelulle.

Murroksen merkittävimpana ajurina pidetään ICT-tekniikan kehityksen mukanaan tuomaa halpaa informaatiota. Perinteisten resurssiperustaisten teollisuusalojen ennustetaan taantuvan ja tilalle tulevan tietoperusteiseen arvonlisäykseen perustuvat toimialat. Tuotanto siirtyy makroskaalasta mikroskaalaan ja palvelujen osuus lisääntyy. Tuotteiden valmistuksesta ja tehtaista tulee älykkäitä, jolloin digitaalisuuden ja virtuaalisuuden osuus tuotannossa lisääntyy. Halpa informaatio lisää mobiilin työn osuutta ja työnteon aika- ja paikkariippuvuus vähenee. Verkostomainen toiminta johtaa töiden hajaantumiseen ja sen myötä yhteiskehittelyn lisääntymiseen. Samalla työn ymmärrettävyys vähenee ja kognitiivisen työympäristön merkitys kasvaa.

Sosiaalisten, ekologisten ja eettisten arvojen kasvu asettaa vaatimuksia niin tehtaiden energiatehokkuudelle kuin turvallisuudelle ja ympäristömyötäisyydelle. Myös sosiaalisen hyvinvoinnin merkitys yritystoiminnassa arvellaan lisääntyvän. Globalisaation ja kiristyvän kilpailun myötä tuotannolle asetetaan yhä korkeampia tehokkuuden vaatimuksia, jolloin tuotannon ja tilojen joustavuuden sekä adaptiivisten tuotantojärjestelmien merkitys lisääntyy.

Väestön ikääntymisen odotetaan johtavan ongelmiin työvoiman saatavuudessa ja edessä saattaa olla kilpailu osaavasta työvoimasta. Toisaalta yhä ikääntyneempien osuus työvoimasta kasvaa, johtaen tarpeeseen tehtävien ja työympäristöjen yksilölliseen sovittamiseen. Yksilöllisyys on otettava paremmin huomioon työtä ja toimitiloja suunniteltaessa.

8.1 InduSpace 2030 skenaariot M⁵

InduSpace-hankkeen M⁵-skenaarioiden avulla voidaan visioida erilaisia tulevaisuuden teollisuustilatyyppejä. Viittä tulevaisuuden teollisuustilamallin ominaisuutta arvioidaan kahden perusominaisuuden eli joustavuuden ja liikkuvuuden osalta (kuva 14). Skenaariot antavat viitteitä tulevaisuuden ratkaisulinjauksista. Skenaariot on avattu taulukossa 4.

Teollisuustilojen tulevaisuusskenaariot:

M1- Monumentaalinen teollisuustila - "Kohti Kiasmaa", Monumental

- Vanha teollisuustila uusiokäytössä tai tarkoituksella monumentaaliseksi tehty teollisuustila.

M2- Modulaarinen teollisuustila - "Konttitehdas", Modular

- Modulaarinen tuotantotila, tuotanto muuttuu koko ajan, tuotantopainotteisesti tehdään tiloja.

M3- Monikäyttöinen teollisuustila - "Tuotanto-loft", Multi-use

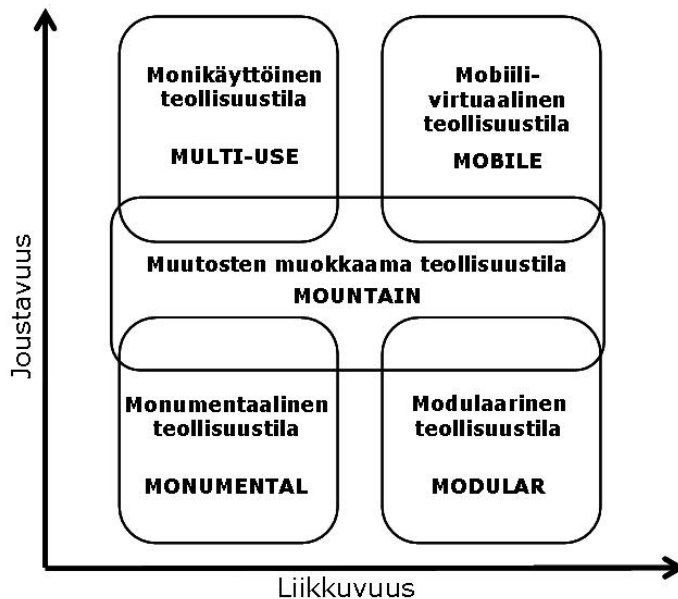
- Monikäyttöinen tuotantotila, on tietyn ajan tuotannon käytössä, ja sen jälkeen uudessa käytössä.

M4- Mobiili-virtuaalinen teollisuustila - "Valkokaulus-pelitilat", Mobile-virtual

- Mobiili-virtuaalinen tuotantotila

M5- Muutoksen muokkaama teollisuustila - "Arvoajurit", Mountain

- Muutoksen muokkaama tuotantotila, energia- ja ympäristönäkökulma keskeinen.



Kuva 14. InduSpace 2030 skenaariot M⁵

Taulukko 4. M⁵-skenaarioiden ominaisuudet on kuvattu seitsemän näkökulman kautta.

| | Monumen- taalin | Modulaarinen | Mobiili- virtuaalinen | Moni- käyttöinen | Muutosten muokkaama |
|-----------------|--|---|--|---|---|
| Ihmi- set | Tietävät tekevänsä töitä identiteettitään vahvassa organisaatiossa. Tuotantoprosessi on kiinnostava myös ulkopuolisista. | Vaihtuvat tuotantotilan sijainnin vaihtuessa. Osa kulkee tuotantotilan mukana. Prosessi on ns. perustuotantoa. Tuottavuus perustuu kustannustehokkaaseen resursointiin. | Ovat valvomoissa etäyhteyksien päässä varsinaisesta tuotantotilasta. Prosessi on automatisoitu. | Työympäristönä tila on monikäyttöinen. Siinä on kevyesti muutettavat peruselementit. Prosessien elinkaari on ennakoitusti rajallinen. | Osana ympäristövastuullista työympäristöä. Oman ja organisaationsa arvovalinnan mukaisesti. Prosessi on hiottu potentiaaliseen energiatehokkuuteen. |
| Irtai- misto | Toimii nähtävyytenä ja show-roomina. Osana toimivaa kokonaisuutta. | Helposti liikuteltavaa ja siirrettävää. | Koostuu pääsääntöisesti korkean teknologian tuottamista roboteista ja niiden vaatimista puitteista. | Keveää ja helposti liikuteltavaa. Tilallisissa ratkaisuissa on mahdollisuutena pelillisuus. | Irtaimisto ja materiaalit ovat kestävä kehityksen mukaisesti tuotettuja ja käytettyjä/kierrätettyjä. |
| Tila | Ratkaisut ovat luonteeltaan yksilöllisiä. Tila viestii siitä, mitä tilassa tehdään. Tuotantoprosessi on näkyvillä eri vaiheissaan. | Niukimmat mahdolliset puitteet. Koottavat, purettavat ja siirrettävät kokonaisuudet. | Tasainen ja puhdas tila. Ei erityisiä ihmisille määriteltyjä vaatimuksia jatkuvasti. | Minimalistinen. Rakenteessa on samoja elementtejä kuin kauppa-keskuksissa ja loft-ratkaisuissa. | Ympäristöystävällisyyden show-room ja esimerkki. Kannustaa ympäristöystävälliseen käyttäytymiseen. |
| Tek- niikka | Talotekniikan ratkaisut ovat nähtävissä ja tunnistettavissa. | Luonteeltaan koottavaa, purettavaa ja siirrettävää. Integroitu niin paljon kuin mahdollista tilaelementteihin. | Kaukosäädeltävyys, erittäin toimivat käyttöliittymät ja verkkoyhteydet. Tekniikassa on pelillisyyttä. | Perusvaatimukset kattava. Käytetty joustavia ratkaisuja, joita on helppo muuttaa käyttötarkoituksen mukaan. | Energiatehokasta ja responsiivista. Ohjaa omalla tavallaan ympäristöystävällistä käyttäytymistä. |
| Muoto | Huomiota herättävä ja arkkitehtonisesti edustava. | Pelkistetty. Väreillä ja muilla ratkaisuilla luodaan tilaan uusi imago sijainnin mukaan. | Pelkistetty ja selkeä. Moderni toimistoympäristö. | Mahdollistaa parhaan mahdollisen joustavuuden ja monikäyttöisyyden. | Ratkaisut ovat suhteessa tilan muodon merkitykseen energiatehokkuudessa. |
| Pinta | Tehtävänä on lisätä läpinäkyvyyttä toiminnassa. | Kestävää, keveää ja neutraalia. Mallina työmaaparakkien ja kiertävän tivolin ratkaisut | Ratkaisuihin vaikuttaa teknologian vaatimukset. | Soveltuvat monenlaiseen toimintaan. Tukee imagoa. | Materiaalit ovat elinkaariajattelun mukaisia ja tukevat pääsyä energiatehokkuuden tavoitteisiin. |
| Sijainti | Näkyvä. Logististen virtojen lisäksi ohjattu myös vierailijoiden logistiikka. | Sijaitsee reunoilla hyvien kulkuyhteyksien varrella. | Toimistotilat keskuksissa. Tuotantotilat eristyksissä, kauempana. Huollettavuus ja ylläpito oltava säännöllisesti mahdollista. | Keskeisellä liiketoiminta-alueella. Saavutettavuus erilaisilla tavoilla on vaivatonta ja mahdollista. | Julkisten kulkuyhteyksien läheisyydessä. |

8.2 Teollisuustilojen arkkitehtuuri

Perinteisesti teollisuusrakennusten julkisivujen suunnitteluun ei juurikaan ole kiinnitetty huomiota. Teollisuustiloja pidetään usein vain koneiden ja prosessin suojana eikä niillä nähdä olevan muuta lisäarvoa, johon kannattaisi sijoittaa. Viime vuosina teollisuutta on kuitenkin tuotu jo vahvemmin takaisin kaupunkien keskustoihin ja muille keskeisille paikoille, mikä kasvattaa teollisuusrakennusten julkisivuihin kohdistuvia paineita.



Kuva 15. Teollisuustilojen lasijulkisivulla rakennetaan myös imagoa. Esimerkkeinä Paulig Oy:n uusi tuotantotila Helsingin Vuosaarella ja Suvilahden vanhan tehdaskiinteistön kattilahuone.

Esimerkiksi voimakkaat värit julkisivuissa vahvistavat yrityksen imagoa ja läpinäkyvät pinta-materiaalit luovat rakennuksen massoittelulle ja julkisivuille uuden ulottuvuuden. Käytettäessä läpinäkyviä tai läpikuultavia materiaaleja tulee kuitenkin muistaa, että tausta näkyy, joten suunnittelulta ja rakentamiselta vaaditaan erilaisia ratkaisuja, jotka eroavat perinteisestä elementtirakentamisesta.

Prosessien kehittämisessä tulevaisuusskenaarioista joku tai niiden yhdistelmä voivat ohjata tämän hetken päätöksiä. Niitä voi käyttää myös riskianalyysin työkaluina. Sul-kemalla pois skenaarioita, jotka eivät ole mahdollisia kirkastuvat potentiaaliset tulevai-suuskuvat. Ennakoimattoman tulevaisuuden ennustaminen on mahdotonta, mutta mahdollisuuksien jäsentäminen on työkalu, johon strategiset tavoitteet voivat linjautua.

Kiinteistöjohtamisessa tulevaisuuden ennakointi ja elinkaariajattelu ovat tekijöitä, joi-den avulla pohditaan, millaisia ratkaisuja teollisuuden tiloissa tehdään tuotannosta riip-pumatta. Skenaarioiden avulla on mahdollista haarukoida mahdollisia tulevaisuuksia.

Suunnittelussa tulevaisuusskenaarioiden avulla voi myös ymmärtää teollisten tilojen historiaa, tunnistaa kehitysaskeleita ja muuntumista kohti tulevaa.

LISÄTIETOA

Käytettävyys

- Ainoa, J., Alho, J.; Nenonen, S. ja Nissinen, K. 2010. KÄYTETTÄVÄ KAUPPAKESKUS, (Uusintapainos julkaisusta TKK-R-B15, vuodelta 2009). ISBN 078-952-60-3526-0 (painettu), ISBN 978-952-60-3527-7, [Julkaisu TKK-R-B25](#) (pdf)
- Blakstad, SH., Olsson, N., Hansen, GK. and Knudsen, W. 2010. Usability Mapping Tool. CIB Publication 330, CIB W111: Usability of Workplaces – Phase 3.
- ISO (1998) ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals.
- Guidance on usability. International Organization for Standardization, Geneva
- Kärnä, S., Nenonen, S. ja Junnonen, J.M. 2010. Käyttäjälähtöinen rakennuksen arviointimenetelmä – asiakaskokemukset kehittämisen työvälineenä. Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan julkaisu B21. ISBN 978-952-60-3296-2.
- Lindahl, G., Blakstad, SH., Hansen, GK. and Nenonen, S. 2011. USEframe – A framework to understand and map usability research. 6th Conference on Construction Economics and Organisation – Shaping the construction / society nexus. Copenhagen 13–15 April 2011.
- Käyttäjälähtöiset tilat. Uutta ajattelua tilojen suunnitteluun. 2011. Tekesin julkaisu 12/2011. ISBN 978-952-457-531-7. Saatavilla: www.tekes.fi/fi/document/55134/kayttajalahtoiset_tilat_pdf

Teolliset työympäristöt ja työolosuhteet

- Launis, M. ja Lehtelä, J. (toim.). 2011. Ergonomia. Työterveyslaitos.
- Launis, M. ja Lehtelä, J. 2009. Ergonomiaopas koneiden ja työvälineiden hankintaan, käyttöön ja tarkistamiseen. Työterveyslaitos.
- Maankäytön ja rakentamisen lainsäädäntö. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=252&lan=fi>
- Rantanen, S. ja Pääkkönen, R. 2008. Työhygieniä. Kemiaaliset ja fysikaaliset tekijät. Työsuojelujulkaisu 86. Työsuojeluhallinto.
- RIL 243-4-2011. Rakennusten akustinen suunnittelu. Teollisuustilat. ISBN 978-951-758-527-9.
- Suomen Valoteknisen Seuran valaistusasetukset
- Standardi SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus.
- Stark, J., Kalliokoski, P., Kangas, J., Pääkkönen, R. Rantanen, S., Riihimäki, V. ja Karhula, A-L. 2008. Työhygieniä. Työterveyslaitos.
- Tavoitetasot. Saatavilla: http://www.ttl.fi/fi/tyoturvaluisuus_ja_riskien_hallinta/riskien_hallinta/ohjeavrot_tavoitetasot_haittatekijöille/tavoitetasot/Sivut/default.aspx
- Työsuojelusäädökset. Työsuojeluhallinto. Saatavilla: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/saannokset>
- Sähkömagneettiset kentät. Säteilyturvakeskus. Saatavilla: http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja6/
- Säteilyn käyttö teollisuudessa. Saatavilla: http://www.stuk.fi/sateilyn_kaytto/fi_FI/teollisuus/
- Väyrynen, S., Nevala, N. & Päivinen, M. 2004. Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. Teknologia-teollisuus ry. Tampere.

Visualisointi

- Niemelä, R. toim. 2006. Sisäympäristön mallintaminen ja havainnollistaminen - Virtual Space 4D. Loppuraportti. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 20. Työterveyslaitos.
- Sulankivi, K., Mäkelä, T. ja Kiviniemi, M. 2009. Tietomalli ja työmaan turvallisuus. VTT-R-1003-09. Saatavilla: http://www.vtt.fi/files/projects/turvabim/turvabim_loppuraportti_090312.pdf

Kiinteistöjohtaminen teollisuustiloissa

- Laine, E. 2010. Kiinteistöjohtaminen suomalaisissa teollisuusyrityksissä. Diplomityö. Aalto-yliopisto.
- Ristaniemi, E. 2011. Added Value of Corporate Real Estate Management in industrial premises. Diplomityö. Aalto-yliopisto.
- Kempainen, L. 2010. Kiinteistöjohtamisen tuottaman lisäarvon mittaaminen teollisuusyrityksissä. Kandidaatintyö. Aalto-yliopisto.
- Lindholm, A-L. ja Nenonen, S. 2006. Kiinteistö- ja toimitilajohtamisen onnistumisen mittaaminen käyttäjäorganisaation näkökulmasta - mittareita, työkaluja ja menetelmiä. B118. ISBN 951-22-8295-X. Saatavilla: <http://www.hut.fi/Yksikot/Kiinteisto/julkaisut/verkkojulkaisut/julkaisuB118.pdf>

Tulevaisuuden teollisuustila

- ManuFuture. 2004. A Vision for 2020. Saatavilla: <http://www.manufuture.org/>
- Alasoini T., Järvensivu, A. ja Mäkitalo J. 2012. Suomen työelämä vuonna 2030. TEM raportteja 14/2012. Saatavilla: http://www.tem.fi/files/33103/TEMrap_14_2012.pdf
- Martinkauppi, K. 2010. Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017. ERA17. Ympäristöministeriö, Sitra ja Tekes. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=121949&lan=fi>
- Nenonen, S. (toim.). 2011. Rakennetun ympäristön roadmap. Saatavilla: www.tekes.fi/document/.../rakennetun_ympariston_roadmap_pdf
- Ahvenainen, M., Heinonen, S. ja Hietanen, O. 2010. Suunnittelu- ja konsulttialan skenaariot 2020. Suunnittelu- ja konsulttialan kehitys, toimintaedellytysten arviointi ja kilpailukyvyyn parantaminen - hankkeen loppuraportti. TUTU-julkaisuja 1/2010. Tulevaisuuden tutkimuskeskus. ISBN 978-952-249-040-7 (pdf). Saatavilla: http://www.tse.fi/FI/yksikot/erillislaitokset/tutu/Documents/publications/Tutu_2010-1.pdf

Teolliset tilat muutoksessa kertoo teollisuustilojen käytettävyydestä monipuolisesti ja käytännönläheisesti. Tavoitteena on tukea käytettävyyttä edistävää teollisuustilojen suunnitteluprosessia. Tämä vaatii hyvää yhteistyötä ja yhteisiä välineitä.

Käytettävyyden suunnitteluun kannattaa panostaa ajoissa. Ensimmäinen askel käytettävyyden suunnittelussa on tunnistaa käytettävyyden mahdollisuudet ja käyttäjien todelliset tarpeet. Kun teollisuustilojen suunnittelussa otetaan kokonaisvaltaisesti tavoitteeksi käytettävyys, on tuloksena tuotavampia, turvallisempia ja terveellisempiä teollisuustiloja nyt ja tulevaisuudessa.

Opas sisältää tietoa keskeisistä käytettävyystekijöistä, tarjoaa kokonaiskuvan teollisuustilojen käytettävyyssuunnittelusta, tavoitteista ja menetelmistä. Opasta täydentävät InduSpace-konseptin sähköiset aineistot. Opas on suunnattu erityisesti yritysjohton, yritysten asiantuntijoiden, rakennus- ja kiinteistöalan suunnittelijoiden, asiantuntijoiden ja konsulttien käyttöön.

TYÖTERVEYSLAITOS

Työterveyslaitos, Työturvallisuuden kehittäminen -tiimi
Topeliuksenkatu 41 a A, 00250 Helsinki

www.ttl.fi

ISBN 978-952-261-207-6 (PDF)